

REPÚBLICA DOMINICANA  
UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA  
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD  
ESCUELA DE ODONTOLOGÍA



“Aplicaciones y efectividad de la cirugía guiada en la colocación de implantes dentales”

TRABAJO FINAL PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE DOCTOR EN ODONTOLOGÍA

**Sustentante**

Felix José Tejada Castillo 21-0480

**Docente Especializado**

Dra. Adela Romero

**Docente Titular**

Dra. Helen Rivera

Los conceptos expuestos en la presente investigación son de la exclusiva responsabilidad de los autores.

Santo Domingo, DN. 2024

## **Resumen**

El propósito de este estudio es evaluar cómo afecta el diseño de la guía quirúrgica a la colocación de los implantes dentales, determinar cuáles errores durante el procedimiento quirúrgico alteran el resultado planificado y evaluar la precisión de la colocación de los implantes. Para poder llevar a cabo la investigación, se ha realizado una revisión sistemática de artículos científicos consultando buscadores de salud como PubMed, BioMedCentral y ScienceDirect, Lilacs, además de bases de datos como EBSCO y CRAI, con restrcción de fecha hasta 2019, en el idioma inglés. Se han hecho restricciones respecto a los tipos de estudio de revisiones sistemáticas y metaanálisis. Los implantes colocados con cirugía guiada en el maxilar presentan mayores desviaciones en comparación con los de la mandíbula, siendo estas diferencias más pronunciadas en el punto de entrada y la profundidad apical. La posición del implante puede verse influenciada por la altura de la manga guía y el diseño de la plantilla quirúrgica. El tipo de soporte, la altura de la manga guía y el tipo de material de la plantilla puede influir en la colocación del implante planificada. La técnica de cirugía guiada ofrece una mayor consistencia en la precisión de la colocación de los implantes frente a la técnica convencional. Los errores más comunes que afectan el resultado planificado son las distorsiones en las imágenes radiográficas, un incorrecto diseño de la guía, inestabilidad de la guía durante la perforación y la mala planificación preoperatoria.

**Palabras clave:** Implante Dental, Cirugía Guiada, Cirugía de Implante Dental, Plantilla Quirúrgica, Cirugía a Mano Alzada.

## **Abstract**

The purpose of this study is to evaluate how the design of the surgical guide affects dental implant placement, determine which errors during the surgical procedure alter the planned outcome, and assess the accuracy of implant placement. To conduct the research, a systematic review of scientific articles was performed using health search engines such as PubMed, BioMedCentral, and ScienceDirect, as well as databases like Lilacs, EBSCO, and CRAI, with a date restriction up to 2019, in the English language. Restrictions were made regarding the types of

studies to include only systematic reviews and meta-analyses. Implants placed using guided surgery in the maxilla show greater deviations compared to those in the mandible, with these differences being more pronounced at the entry point and apical depth. The implant position can be influenced by the height of the guide sleeve and the design of the surgical template. The type of support, the height of the guide sleeve, and the type of template material can influence the planned implant placement. The guided surgery technique offers greater consistency in implant placement accuracy compared to the conventional technique. The most common errors affecting the planned outcome include distortions in radiographic images, incorrect guide design, instability of the guide during drilling, and poor preoperative planning.

**Keywords:** Dental Implant, Guided Surgery, Dental Implant Surgery, Surgical Template, Freehand Surgery.

<b>Índice</b>	<b>Pag</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>6</b>
<b>2. Planteamiento del problema.....</b>	<b>8</b>
2.1 Interrogantes de investigación.....	9
<b>3. Objetivos.....</b>	<b>10</b>
3.1 Objetivo general.....	10
3.2 Objetivos específicos.....	10
<b>4. Marco teórico.....</b>	<b>11</b>
4.1 Antecedentes históricos.....	11
4.2 Marco conceptual.....	13
4.3 Revisión de Literatura.....	13
4.4 Ventajas y desventajas de la cirugía guiada.....	13
4.4.1 Ventajas.....	13
4.4.2 Desventajas.....	14
4.5 Índice de supervivencia del implante mediante el uso de cirugía guiada.....	14
4.6 Causas de fracaso temprano y tardío de la cirugía guiada.....	15
4.7 Características clínicas que influyen en el resultado quirúrgico de la cirugía guiada.....	16
4.7.1. Diseño y Soporte de la Guía.....	16
4.7.2. Protocolo de Perforación.....	17
4.7.3. Errores del clínico en la planificación y ejecución.....	17
4.7.4. Planificación y uso imagenológico.....	18
4.8 Factores que afectan la precisión de la cirugía guiada.....	19
4.8.1 Densidad Ósea.....	19
4.8.2 Grosor de la Mucosa.....	19
4.8.3 Tabaquismo.....	19

4.9	Planeamiento quirúrgico guiado con colgajo vs sin colgajo.....	19
4.10	Guías quirúrgicas con mangas vs sin mangas metálicas.....	22
4.11	Precisión de la colocación del implante con técnica guiada vs a mano alzada.....	23
4.12	Precisión de los implantes en la aplicación de las diferentes técnicas guiadas.....	31
4.12.1	Comparación de la colocación de implantes utilizando guías quirúrgicas por parte de practicantes novatos vs profesionales experimentados.....	43
<b>5.</b>	<b>Marco metodológico.....</b>	<b>48</b>
5.1	Tipo de estudio.....	48
5.2	Estrategias de búsqueda bibliográfica.....	48
5.3	Criterios de búsqueda.....	48
5.4	Selección de palabras clave.....	48
<b>6.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>49</b>
<b>7.</b>	<b>Conclusiones.....</b>	<b>54</b>
<b>8.</b>	<b>Recomendaciones.....</b>	<b>55</b>
<b>9.</b>	<b>Referencias Bibliográficas.....</b>	<b>56</b>

## 1. Introducción

Los implantes dentales (ID) han surgido como una nueva opción de rehabilitación para los dientes perdidos en las últimas dos décadas; sin embargo, también se ha documentado la asociación inadvertida de la mayoría de las complicaciones quirúrgicas y protésicas con un diagnóstico y colocación de implantes inadecuados. El éxito de los ID en el tratamiento de los pacientes está directamente relacionado con la evaluación del paciente y la planificación precisa del tratamiento. A día de hoy sabemos que una discrepancia insignificante en comparación con la colocación ideal provoca graves complicaciones en la fabricación de las prótesis definitivas. Si bien la cavidad bucal es un espacio relativamente restringido, un alto grado de precisión en la colocación del implante es muy importante para el éxito de las prótesis. Esto se puede lograr mediante una guía quirúrgica que proporcione información adecuada sobre la colocación del implante y que al momento de la cirugía se ajuste a la dentición existente o al espacio edéntulo.<sup>1</sup>

La plantilla quirúrgica es un dispositivo de guía que se utiliza para ayudar a colocar y ajustar correctamente el ángulo del implante dental. Una plantilla quirúrgica consiste en la unión colaborativa de los cilindros guía y la superficie de contacto. Dicha superficie se adapta a un elemento de las encías o a la mandíbula del paciente. Los cilindros dentro de las guías de broca ayudan en la ubicación y dirección exactas. El implante debe colocarse de manera que la parte inferior y los lados queden completamente cubiertos por hueso o material de reemplazo óseo. Por lo tanto, la colocación final del implante debe ser compatible con la restauración protésica final prevista.<sup>2</sup>

La guía quirúrgica está diseñada con un software informático, desarrollado por su laboratorio o empresa para los implantes, se imprime con una impresora 3D y luego utilizado durante la cirugía. El cirujano indica la ubicación exacta y la profundidad de cada implante dental. El propósito principal de la plantilla quirúrgica es guiar el sistema de perforación del implante y proporcionar una colocación precisa de acuerdo con el plan de tratamiento quirúrgico.<sup>3</sup>

Existen tres tipos de guías quirúrgicas: con soporte óseo, con soporte mucoso y con soporte dental. Las tres técnicas comúnmente utilizadas para preparar orificios guía y fabricar guías de implantes quirúrgicos y radiográficos son las técnicas tradicionales de mano alzada, fresado y diseño asistido por computadora / fabricación asistida por computadora (CAD-CAM).

Aunque en medicina la tomografía computarizada (TC) ha proporcionado información anatómica tridimensional durante más de cinco décadas, su aplicación en odontología se limitaba a casos seleccionados. Con la creciente disponibilidad, la reducción de radiación y los menores costos de la imagen tridimensional gracias a la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT), la planificación preoperatoria tridimensional de implantes se ha convertido en la opción más popular en la odontología y la cirugía cráneo-maxilo-facial.<sup>4</sup>

Varios fabricantes han desarrollado softwares que permiten la colocación virtual de implantes utilizando los datos digitales obtenidos del escaneo de tomografía computarizada. Para transferir la posición del implante planificada preoperatoriamente a la boca del paciente, las plantillas quirúrgicas, basadas en el diseño preoperatorio y la planificación virtual del implante, se fabrican manualmente en un laboratorio dental o estereolitográficamente mediante tecnología CAD-CAM. Otros sistemas utilizan el seguimiento óptico intraoperatorio de la posición de la pieza de mano con cámaras y guían al cirujano en "tiempo real" proporcionando retroalimentación visual en una pantalla. Estos últimos se denominan sistemas de "navegación" o "dinámicos", mientras que los sistemas que utilizan guías de perforación se denominan "basados en plantillas" o "estáticos".<sup>5</sup>

## **2. Planteamiento del problema**

La implantología dental es una rama de la cirugía bucal que ha avanzado significativamente en las últimas décadas, con tecnologías que han permitido mejorar tanto la precisión para la colocación de implantes como las tasas de éxito de los mismos. Entre estas innovaciones se encuentran las guías quirúrgicas, herramientas diseñadas para asistir a los cirujanos en la colocación exacta de los implantes dentales.

Estas guías, basadas en imágenes tridimensionales y planificación digital, prometen una mayor precisión y menores riesgos de complicaciones postoperatorias. Tal es la seguridad que prometen las guías quirúrgicas que según estudios, su nivel de precisión es comparable con el de un experto a la hora de la colocación. Sin embargo, a pesar de su uso creciente, aún existen interrogantes sobre su efectividad real y las variables que pueden influir en el éxito o fracaso de los implantes colocados con estas tecnologías.<sup>6</sup>

El propósito de este estudio es evaluar las tasas de supervivencia de los implantes dentales colocados con guías quirúrgicas frente a técnica a mano alzada, determinar cuáles errores durante el procedimiento quirúrgico alteran el resultado planificado y evaluar la precisión de la colocación de los implantes.

Las tasas de supervivencia son un indicador crítico del éxito a largo plazo de los implantes, un implante puede llegar a presentar ciertos problemas a lo largo de su vida útil, pero en este caso consideraremos un implante exitoso cuando este se haya oseointegrado y cumpla con una función protésica sin alterar estructuras anatómicas adyacentes. Por otra parte, es crucial identificar las causas de fracaso temprano y tardío en implantes colocados con guías quirúrgicas. El fracaso temprano generalmente ocurre dentro de los primeros meses después de la colocación del implante, mientras que el tardío puede ocurrir después de años de éxito aparente. Comprender las causas específicas de estos fracasos es esencial para mejorar las técnicas quirúrgicas y los protocolos de tratamiento.

La identificación de condiciones clínicas importantes que podrían influir en el resultado quirúrgico como pudiese ser calidad y cantidad de hueso disponible, la posición exacta y el ángulo del implante, la salud general del paciente, sumado a factores como el tabaquismo, la higiene oral deficiente, también pueden desempeñar un papel crucial en el éxito del implante.

La precisión en la colocación del implante no solo afecta las tasas de supervivencia sino también la estética y la función. La desviación de la posición planificada puede resultar en complicaciones como daños a estructuras anatómicas adyacentes, problemas de oclusión y la necesidad de procedimientos correctivos adicionales. Por lo tanto, es necesario determinar si las guías quirúrgicas mejoran significativamente la precisión de la colocación en comparación con las técnicas tradicionales.

Los hallazgos de esta investigación contribuirán a optimizar los protocolos clínicos y mejorar los resultados para los pacientes sometidos a procedimientos de implantes dentales.

## **2.1 Interrogantes de la investigación**

1. ¿Cómo afecta el diseño de la guía quirúrgica con el resultado final planificado en la colocación del implante dental?
2. ¿Qué tan precisas son las guías quirúrgicas?
3. ¿Cuáles son los errores más comunes que se cometen durante la colocación de implantes dentales al utilizar guías quirúrgicas?

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Evaluar las aplicaciones y efectividad de la cirugía guiada en la colocación de implantes dentales.

#### **3.2 Objetivos específicos**

1. Analizar la importancia del diseño de la guía quirúrgica en la colocación de implantes dentales.
2. Determinar la precisión de la colocación de los implantes dentales utilizando métodos de cirugía guiada.
3. Identificar cuales son los errores más comunes durante la colocación de implantes dentales al utilizar guías quirúrgicas.

## **4. Marco teórico**

### **4.1 Antecedentes históricos**

Los primeros implantes en ser descritos se utilizaron en traumatología para estabilizar fracturas óseas. Las aleaciones y metales utilizados para fabricarlos han evolucionado mejorando su compatibilidad biológica. Los primeros en darse cuenta de las características de osteointegración al hueso mediante el uso de tornillos de titanio fueron Bothe en 1940 y Leventhal en 1951, en dichos estudios se descubrió las características biológicas del titanio, su escaso efecto inflamatorio en los tejidos y la calidad de unirse íntimamente al hueso con el correr del tiempo llegando a una fusión total aproximadamente a los 4 meses.<sup>7</sup>

Los ID como los conocemos hoy en día fueron propuestos por el médico sueco Brånemark en 1956, el cual mandó a confeccionar un dispositivo trans-óseo de titanio utilizado en conejos para su describir la función de la médula ósea en la cicatrización y regeneración del hueso, en donde al concluir la fase experimental se evidenció que al intentar retirar estos dispositivos trans-óseos de titanio, tuvo dificultad ya que estaban integrados al hueso, y pensó que una utilidad práctica para esta calidad del titanio era usarla para sostener las dentaduras de pacientes edéntulos. En 1960, Branemark diseñó prototipos de implantes con el ingeniero Richard Skalak del Instituto Politécnico de Chalmers, pero estos aún no habían sido probados en sujetos humanos. Para el 1965, el mismo autor llevo a cabo la fase experimental para la colocación de implantes en humanos, específicamente en la zona anterior de la mandíbula. La investigación concluyó en 1975 cuando el Consejo Nacional Sueco de Salud y Bienestar aprobó el uso de puentes anclados en hueso mandibular como tratamiento complementario a la prótesis convencional, ocasionando que en 1976 el Sistema Nacional Sueco de Aseguramiento en Salud diera los registros de comercialización y autorización a la empresa farmacéutica Nobel Pharma para su fabricación y comercialización. En 1985, la Asociación Dental Americana (ADA) dió su aprobación provisional para la comercialización de los implantes, instrumental e insumos del sistema Branemark en los Estados Unidos.<sup>8</sup>

Actualmente, el reemplazo de dientes perdidos o en estado crítico con prótesis soportada sobre implantes de titanio es considerado el procedimiento terapéutico de elección para pacientes parcial o completamente edéntulos. Las modificaciones en los diseños y la superficie brindan una mejor

y más acelerada osteointegración y proporcionan una mejor distribución de las cargas oclusales. Esto ha guiado a realizar procedimientos de carga inmediata donde las prótesis se instalan simultáneamente con los implantes, esto puede ser realizado exitosamente en casos seleccionados.<sup>9</sup>

Los avances en campos biotecnológicos como las tomografías computarizadas brindan la posibilidad de una visión tridimensional del hueso maxilar o mandibular permitiendo una evaluación exacta del hueso disponible. Junto a la tecnología de diseño y manufactura asistida por computadora CAD/CAM, permite planear una cirugía virtual donde las dimensiones apropiadas del implante para el hueso disponible se pueden tener antes de la cirugía real. Además, es posible la confección de guías quirúrgicas tridimensionales con las que se puede realizar la colocación de los implantes sin la necesidad de levantar un colgajo de la mucosa bucal.<sup>10</sup>

Las técnicas quirúrgicas guiadas con base en criterios clásicos de previsibilidad se han utilizado ampliamente en la implantología con el objetivo de reducir la morbilidad quirúrgica y ofrecer al paciente un tratamiento quirúrgico/protésico menos invasivo. En 2002, Van Steenberghe et al.<sup>11</sup> sugieren un protocolo para la cirugía guiada que preconizaba la planificación en base a los datos proporcionados por una tomografía computarizada asociada a un software tridimensional. La transferencia de la planificación virtual para el campo operatorio fue realizada con guías rígidas obtenidas por procesos de prototipos rápidos (SLA). En esta tecnología, el polímero líquido es inyectado y laser-curado de acuerdo con los datos de la tomografía.<sup>11</sup>

Actualmente, las tomografías computarizadas y software especializados han permitido la planeación quirúrgico-protésica en un ambiente virtual a partir de una precisa visualización ósea tridimensional y su relación con la futura prótesis. En la planificación virtual es posible evaluar y medir la densidad ósea; seleccionar el tipo, tamaño y número de implantes; verificar su localización, su inclinación y el nivel de profundidad en relación al hueso; verificar la posibilidad de bicorticalización de los implantes; analizar las características de los intermediarios y la emergencia del tornillo de fijación de la futura prótesis; comprobar el posicionamiento adecuado de los arillos en la guía quirúrgica y la localización ideal de los pines de fijación, que son los responsables para la estabilidad de la guía en boca durante el procedimiento quirúrgico.<sup>12</sup>

## **4.2 Marco conceptual**

**4.2.1 CAD/CAM:** es un software que permite analizar el estado dentomaxilar del paciente para obtener una reproducción digital tridimensional de la boca, con el fin de diseñar y fabricar prótesis dentales de gran precisión y calidad, así como planificar la evolución de un tratamiento dental. CAD son las siglas de computer-aided design (diseño asistido por ordenador) y CAM las de computer-aided manufacturing (fabricación asistida por ordenador).

**4.2.2 Dehiscencias óseas:** las dehiscencias óseas son defectos óseos vestibulares o palatinos en las cuales existen áreas aisladas en las que la raíz del diente no tiene hueso y la superficie radicular del diente solo está cubierta por periostio y encía.

**4.2.3 CBCT:** la tomografía computarizada de haz cónico es una técnica de imagen médica que consiste en una tomografía computarizada de rayos X donde los rayos X son divergentes, formando un cono.

**4.2.4 Modelo estereolitográfico:** es una representación tridimensional precisa de una estructura física, creada mediante un proceso de fabricación aditiva, que utiliza resinas fotosensibles (materiales líquidos que se solidifican cuando se exponen a la luz ultravioleta) para construir objetos capa por capa.

## **4.3 Revisión de literatura**

### **4.4 Ventajas y desventajas de la cirugía guiada**

La cirugía de implantes sin colgajo es un enfoque quirúrgico mínimamente invasivo que tiene varias ventajas importantes tanto para el clínico como para el paciente. La cirugía guiada sin colgajo aumenta la capacidad de insertar implantes con mayor precisión, específicamente en casos totalmente edéntulos, con una importante reducción en la duración de la cirugía, mejores condiciones clínicas después de la cirugía y la posibilidad de colocar restauraciones para una carga inmediata. Los sistemas de implantes dentales guiados por computadora también proporcionan la información necesaria para la evaluación protésica de los pacientes parcialmente edéntulos.<sup>13</sup>

#### **4.4.1 Ventajas**

Ofrece un diagnóstico, planificación del tratamiento integral y mejores resultados. Complicaciones potenciales graves de la cirugía de implantes que pueden minimizarse con la cirugía guiada por implantes, como lesiones a estructuras anatómicas como senos paranasales, nervios, vasos sanguíneos y dientes. Permite la colocación de implantes sin colgajo, lo que reduce la reabsorción ósea crestal asociada con la elevación del colgajo. Mejor mantenimiento de los perfiles de tejidos blandos: posición del margen gingival y papila interdental. Desde el punto de vista de la gestión de la práctica, la cirugía guiada ofrece un registro y archivo de información más rápido y accesible. Evitar la elevación del colgajo y las suturas resulta en menos dolor postoperatorio, edema y sangrado, y la reanudación inmediata de los procedimientos de higiene oral. La evidencia sugiere que colocar un implante a través de la encía no afecta la osteointegración, los niveles óseos o los resultados estéticos, siempre y cuando el punch de tejido blando empleado no sea mayor que el diámetro del implante. Cuando se evitan la elevación del colgajo y las suturas, se reducen el dolor postoperatorio, el edema y el sangrado, y se pueden reanudar las prácticas de higiene oral de inmediato. Es un método mínimamente invasivo que aumenta la comodidad del paciente durante el tratamiento. <sup>14</sup>

#### **4.4.2 Desventajas**

A pesar de las diversas ventajas que ofrece la cirugía guiada, esta no está exenta de presentar algunas limitaciones como: la falta de visibilidad y control táctil durante el procedimiento quirúrgico. La presencia de apertura bucal disminuida pone en peligro el procedimiento quirúrgico. No evita el riesgo de posibles daños a estructuras anatómicas vitales. El incremento del costo del tratamiento frente a cirugía a mano alzada.<sup>15</sup>

#### **4.5 Índice de supervivencia del implante mediante el uso de cirugía guiada.**

En un estudio realizado por Dioguardi et al.<sup>16</sup>, la cirugía guiada fue empleada para la rehabilitación de arcos tanto parciales como totalmente edéntulos en donde se demostró una variación en la tasa de supervivencia del implante entre un 96.3% hasta 100% después de una secuencia de seguimiento que va desde uno a máximo tres años. En cuanto a fracaso del implante se refiere, se encontraron tanto fracasos tempranos a las 2 semanas de la inserción, como fracasos tardíos después de 3 años, debido a factores como el aflojamiento del tornillo del pilar, fractura de la

prótesis definitiva, fractura de prótesis provisionales, ajuste imperfecto de la prótesis provisional y necesidad de ajustes oclusales.

De la misma forma, Kalaivani et al.<sup>17</sup> en su revisión sistemática, sugirieron que en estudios con un seguimiento de 1 a 5 años se reportaron tasas de supervivencia de los implantes de entre el 91% y el 100% a través del enfoque basado en plantillas asistidas por computadora. Tasas de supervivencia de implantes similares fueron reportadas por Vasak et al. en su estudio prospectivo de 1 año y por Rocci et al. en su estudio retrospectivo de 3 años.

Por otra parte, en una revisión basada en ensayos controlados aleatorizados se pudo observar que no existen diferencias significativas en la tasa de éxito de las rehabilitaciones implantológicas entre la cirugía guiada por imágenes y los procedimientos convencionales durante los 6 meses de seguimiento. A pesar de esto la cirugía guiada tiende a tratar casos más complejos y se reporta menos dolor e inflamación postoperatoria, en comparación con procedimientos convencionales.<sup>18,19</sup>

#### **4.6 Causas de fracaso temprano y tardío de la cirugía guiada**

Las complicaciones encontradas durante la cirugía de implantes guiada incluyen complicaciones quirúrgicas y protésicas, las cuales a su vez pueden derivar en fracasos tempranos o tardíos del implante.

Dentro de las complicaciones quirúrgicas tempranas que puede derivar en el fracaso del implante Schneider et al. incluye las siguientes variantes: acceso limitado, necesidad de aumento óseo primario, dehiscencia ósea inesperada, fractura de la plantilla, infección en los sitios de perforación para pines, inserción de implante más ancho de lo planeado, sinusitis aguda, implante inestable, inserción de implante más corto de lo planeado, inserción de implante más estrecho de lo planeado, fístula marginal, fístula bucosinusal, colocación de implante sin éxito en profundidad (explantación), dolor prolongado y defectos de tejido blando. Dentro de un grupo de 428 pacientes tratados solo 39 pacientes presentaron complicaciones quirúrgicas tempranas representando el 9.1% de la totalidad. De la misma manera divide las complicaciones protésicas en tempranas y tardías, en donde se contempla como complicaciones protésicas tempranas las siguientes variantes: el desajuste del pilar con el puente, ajustes extensivos de la oclusión, asentamiento incompleto de la prótesis debido a interferencia ósea, aflojamiento de la prótesis, problemas del habla y

mordisqueo del carrillo. Dentro de un grupo de 69 pacientes tratados solo 13 pacientes presentaron complicaciones protésicas tempranas representando el 18.8 % de la totalidad. En cuanto a las complicaciones protésicas tardías contempla estas variantes: el aflojamiento del tornillo, fractura de la prótesis, fractura del material oclusal, desgaste oclusal, desajuste de la supraestructura, insatisfacción estética y sensibilidad a la presión. Dentro de un grupo de 108 pacientes tratados solo 13 pacientes presentaron complicaciones protésicas tardías representando el 12% de la totalidad.<sup>20</sup>

En un estudio realizado por Tahmaseb et al. explicaron que usando el enfoque guiado por computadora estático, las complicaciones quirúrgicas y protésicas ocurrieron a una tasa promedio del 13.3%.<sup>21</sup>

#### **4.7 Características clínicas que influyen en el resultado quirúrgico de la cirugía guiada.**

La cirugía guiada para implantes puede ser un procedimiento preciso y clínicamente ventajoso. Sin embargo, pueden ocurrir errores sustanciales en cada paso individual, acumulándose y afectando significativamente la precisión final del proceso. Es posible eliminar o reducir estos riesgos con una comprensión completa del proceso, una técnica quirúrgica cuidadosa y avanzada, una formación comprensiva y una preparación adecuada del caso.<sup>13</sup>

Las complicaciones pueden surgir debido a errores en múltiples etapas incluyendo la toma de imágenes de tomografía computarizada (TC), planificación y fabricación de la guía, estabilidad de la guía durante la perforación, ajuste de la fresa en el cilindro, espesor de la mucosa, movimiento del paciente y errores de software.<sup>22</sup>

##### **4.7.1. Diseño y Soporte de la Guía**

Las guías quirúrgicas pueden ser soportadas por la mucosa, el hueso o los dientes restantes. Entre todas las guías quirúrgicas, las guías soportadas por el hueso tienden a ser menos precisas debido a posibles distorsiones en las imágenes de la tomografía computarizada de haz cónico (CBCT). Utilizar implantes temporales antes de la CBCT puede mejorar la precisión al proporcionar un anclaje adicional durante la cirugía.<sup>23</sup> (Fig 1)

Los factores controlables por el operador, como el diseño de la guía quirúrgica y los factores derivados de los implantes, tienen un mayor impacto en los errores de la colocación del implante que los factores derivados de los dientes ausentes. La cirugía guiada con guía total y un diseño cuidadoso de la guía (incluyendo el número adecuado de dientes de soporte, pines de anclaje y estructuras de refuerzo) puede reducir significativamente los errores en la colocación de implantes.<sup>24</sup>

**Fig 1.** Diferentes tipos de soporte de las guías quirúrgicas. A. Dento-soportada. B. Mucosa-soportada. C. Oseo-soportada. D. Mini pin. Soportada.



Fuente: Kalaivani G, Balaji V, Manikandan D, Rohini G. Expectativas y realidad del protocolo de cirugía guiada de implantes utilizando sistemas de navegación asistida por computadora estática y dinámica en el escenario actual: Revisión de la literatura basada en evidencia. J Indian Soc Periodontol. 2020 Sep-Oct;24(5):398-408.

#### 4.7.2. Protocolo de Perforación

Es fundamental insertar primero la fresa en la guía antes de activar el motor para evitar fracturas de la guía y desintegración de las mangas metálicas. Las fresas deben usarse en una posición centrada y paralela a la pared interna de la manga para minimizar movimientos laterales y asegurar una correcta colocación del implante.<sup>25</sup>

#### 4.7.3. Errores del clínico en la planificación y ejecución

Las fracturas de la guía y la desintegración de las mangas metálicas son complicaciones comunes que pueden surgir por la aplicación incorrecta de fuerza durante el uso de la guía. La tolerancia en los instrumentos quirúrgicos dentro de la manga metálica puede permitir movimientos laterales no deseados durante la perforación. El posicionamiento virtual incorrecto o inadecuado del implante en el software de planificación también es responsabilidad del clínico.<sup>26</sup>

#### 4.7.4. Planificación y uso imagenológico

El uso de imágenes CBCT y escaneos intraorales ha mejorado la comprensión tridimensional de las estructuras anatómicas, permitiendo una planificación más precisa de la posición del implante. La planificación digital del implante debe considerar aspectos como la distancia entre implantes y la profundidad del implante para asegurar el éxito del tratamiento.<sup>27</sup> (Fig 2)

**Fig 2.** Planificación del tratamiento y selección de implantes utilizando software de simulación 3D y tomografías computarizadas (CT).



**Fuente:** Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Precisión clínica de tres tipos diferentes de guías quirúrgicas estereolitográficas derivadas de tomografía computarizada en la colocación de implantes. JOMS. 2009; 67:394- 401.

#### **4.8. Factores que afectan la precisión de la cirugía guiada**

Existen algunos factores intrínsecos, anatómicos y locales que se no pueden controlar, los cuales resultan en alteraciones del posicionamiento esperado del implante. Dichas desviaciones suceden independientemente de lo meticuloso que sea el clínico durante la intervención quirúrgica, estas variables incluyen:

##### **4.8.1 Densidad Ósea**

Correlación negativa con las desviaciones de profundidad; menor densidad ósea puede resultar en una colocación más superficial. La calidad ósea pobre reduce la estabilidad primaria del implante, lo que puede llevar a movimientos indeseados de la guía quirúrgica y, por lo tanto, a una mayor desviación de la posición planificada del implante. En pacientes con hueso de baja densidad, la guía quirúrgica puede no ajustarse de manera óptima, lo que afecta la precisión de la perforación y la colocación del implante. La falta de estabilidad primaria y las complicaciones intraoperatorias, como la dehiscencia ósea y el ajuste inadecuado de la férula, fueron más comunes en pacientes con mala calidad ósea, contribuyendo a desviaciones significativas de la posición planificada del implante.<sup>28</sup>

##### **4.8.2 Espesor de la Mucosa**

Correlación positiva con la desviación global en el ápice; mayor espesor de la mucosa conduce a mayores desviaciones. Una mucosa más gruesa es común en los fumadores y se sabe que influye negativamente en la colocación de la guía y en la precisión de la colocación del implante.<sup>29</sup>

##### **4.8.3 Tabaquismo**

Los fumadores tienden a tener mayores desviaciones debido a que los tejidos mucosos son más gruesos, lo que puede explicar la inexactitud debido a la menor estabilidad de la prótesis de escaneo o la guía quirúrgica.<sup>30</sup>

#### **4.9 Planeamiento quirúrgico guiado con colgajo vs sin colgajo.**

En el estudio realizado por Ku et al.<sup>28</sup> se colocaron un total de 89 implantes en 34 pacientes. De los 89 implantes, 38 implantes (42.7%) se colocaron sin la guía fabricada y 51 implantes se

asignaron al grupo guiado. Según los grupos, no hubo diferencias significativas en cuanto a edad, sexo y densidad ósea mandibular. Con respecto al subgrupo de los dos grupos guiados, se realizaron los enfoques sin colgajo (Grupo 1) y con colgajo (Grupo 2) para 26 y 25 implantes, respectivamente.

Todos los pacientes se sometieron a una CBCT preoperatoria y una postoperatoria inmediatamente después de la cirugía y la estabilidad primaria se examinó durante la fijación de la implantación. Los datos de la CBCT se superpusieron antes y después de las cirugías para evaluar la precisión de la colocación de los implantes entre los grupos. Se evaluaron los cambios en el desplazamiento tridimensional y el ángulo de entrada del implante después de la colocación mediante CBCT. Para comparar la posición del implante planificado preoperatoriamente con la posición real del implante después de la operación, se midieron las diferencias en la distancia del punto de entrada y en el grado del ángulo de inserción en los CBCT superpuestos. Las diferencias entre el desplazamiento de entrada y el ángulo de inserción de los implantes planificados y colocados se midieron para calcular la media y la desviación estándar.<sup>31</sup>

Lo primero a destacar de los resultados es que los implantes en el grupo de exclusión que no pudieron ser colocados según la guía fabricada, mostraron una mayor desviación en la distancia de entrada ( $14.53 \pm 6.64$  mm vs.  $2.69 \pm 1.00$  mm) y en el grado de inserción ( $11.75 \pm 4.39^\circ$  vs.  $5.52 \pm 2.80^\circ$ ) en comparación con el grupo guiado. La estabilidad primaria fue menor en el grupo con colgajo comparado con el grupo sin colgajo ( $55.84 \pm 20.47$  vs.  $72.69 \pm 10.97$ ). Por otra parte, al grupo que utilizó el enfoque sin colgajo mostró una mayor precisión en la distancia de desviación en el punto de entrada ( $2.22 \pm 0.88$  mm vs.  $3.18 \pm 0.89$  mm) y en la angulación de inserción ( $4.27 \pm 2.30^\circ$  vs.  $6.82 \pm 2.71^\circ$ ) comparado con el grupo que utilizó el enfoque con colgajo.<sup>28</sup>

Al considerar la invasividad quirúrgica y la precisión de la colocación del implante con respecto a la posición planificada, se han mostrado mejores resultados cuando se utiliza la colocación de implantes asistida por computadora estática sin colgajo. La colocación de implantes sin colgajo asistida por computadora estática mostró ser más precisa que la colocación de implantes a mano alzada con colgajo y la colocación parcialmente guiada basada en moldes en términos de desviación angular y desviaciones tridimensionales en la parte apical del implante. De hecho, la colocación de implantes asistida por computadora estática sin colgajo parece estar asociada con la

menor invasividad distintiva de los abordajes sin colgajo, específicamente con un tiempo quirúrgico más corto (aproximadamente 24 minutos menos) y con una menor morbilidad intraoperatoria y posoperatoria en comparación con la colocación de implantes a mano alzada con colgajo y la colocación parcialmente guiada basada en moldes. La colocación de implantes asistida por computadora estática sin colgajo mostró 4 grados menos de desviación angular y 0.75 mm menos de desviación tridimensional apical frente a ambas técnicas. Además, a pesar de estar asociado con una gran precisión, los médicos deben considerar que la colocación de implantes asistida por computadora estática sin colgajo todavía se asocia con algunas imprecisiones con respecto a la posición planificada del implante. En consecuencia, se recomienda un margen de seguridad prudente de alrededor de 2 mm en profundidad, 3 mm en la posición corporal tridimensional coronal y apical y 4 grados en angulación al aplicar la colocación de implantes asistida por computadora estática sin colgajo.<sup>32</sup> (Fig 3)

**Fig 3.** Comparación clínica entre enfoques quirúrgicos para la colocación de implantes dentales con guía quirúrgica. 3A. Enfoque con colgajo. 3B. Enfoque sin colgajo



**Fuente:** Ku J, Lee J, Lee H, Yun P, Kim Y. Precisión en la colocación de implantes dentales con cirugía guiada por computadora: un estudio de cohorte retrospectivo. BMC Oral Health. 2022 Jan 16;22(1):8.

Al analizar los resultados se concluye que un acercamiento quirúrgico sin colgajo resulta ser más preciso que la cirugía con colgajo cuando se utilizan guías quirúrgicas para la colocación de

implantes. Sin embargo, la calidad y cantidad ósea limitada pueden restringir las aplicaciones de la cirugía guiada por implantes.<sup>33</sup>

#### 4.10 Guías quirúrgicas con mangas vs sin mangas metálicas

Las mangas metálicas son comúnmente utilizadas en guías quirúrgicas para implantes, pero su costo y especificaciones limitan las aplicaciones. En un estudio comparativo in vitro para evaluar la influencia de las mangas metálicas en la precisión y exactitud de la colocación de implantes dentales mediante cirugía guiada, se examinó las desviaciones en la posición del implante producidas por una guía quirúrgica diseñada digitalmente sin manga metálica en comparación con una convencional con manga metálica.<sup>34</sup> (Fig 4)

**Fig 4.** Representación de la guía quirúrgica. 4A. Con manga metálico. 4B. Sin manga metálica.



**Fuente:** Adams C, Ammoun R, Deeb G, Bencharit S. Influencia de las mangas guía de metal en la precisión y exactitud de la colocación de implantes dentales utilizando cirugía guiada por implantes: un estudio in vitro. *J Prosthodont.* 2023 Jan;32(1):62-70.

El experimento se realizó en dos pasos. En cada paso se utilizó un total de 20 modelos dentales, 10 para cada grupo (con y sin manga metálica). Se realizó la colocación del implante utilizando un protocolo de cirugía guiada. Se tomaron imágenes postoperatorias con tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) y se superpusieron a las imágenes de planificación del tratamiento, y se midieron las desviaciones horizontales y de angulación del implante desde la posición planificada. Las medidas de desviación de los implantes para la guía quirúrgica con manga metálica con respecto a la posición planificada fueron: desviación mesial:  $-0.3 \pm 0.17$  mm, desviación bucolingual en el ápice:  $0.60 \pm 1.69$  mm, desviación bucolingual en cervical:  $0.20 \pm 0.47$

mm, angulación bucolingual:  $2.73^\circ \pm 4.80^\circ$ . Las medidas de desviación de los implantes para la guía quirúrgica sin manga metálica con respecto a la posición planificada fueron: desviación mesial:  $-0.17 \pm 0.14$  mm, desviación bucolingual en el ápice:  $0.35 \pm 1.04$  mm, desviación bucolingual en la cervical:  $0.10 \pm 0.27$  mm, angulación bucolingual:  $1.73^\circ \pm 3.66^\circ$ .<sup>35</sup> (Tabla 1)

**Tabla 1. Comparación en exactitud y precisión de las guías quirúrgicas con y sin mangas guía metálicas en la colocación de implantes dentales.**

Tipos de guía quirúrgica	Desviación mesial (en mm)	Desviación bucolingual en el ápice (en mm)	Desviación bucolingual en cervical (en mm)	Angulación bucolingual ( $^\circ$ )
Con manga metálica	$-0.3 \pm 0.17$	$0.60 \pm 1.69$	$0.20 \pm 0.47$	$2.73^\circ \pm 4.80^\circ$
Sin manga metálica	$-0.17 \pm 0.14$	$0.35 \pm 1.04$	$0.10 \pm 0.27$	$1.73^\circ \pm 3.66$

**Fuente:** Adams C, Ammoun R, Deeb G, Bencharit S. **Influencia de las Mangas Guía Metálicas en la Exactitud y Precisión de la Colocación de Implantes Dentales Usando Cirugía Guiada por Implantes: Un Estudio In Vitro.** *J Prosthodont.* 2023 Jan;32(1):62-70.

En base a estos resultados podemos asumir que la guía quirúrgica diseñada digitalmente sin manga metálica tiene una precisión similar pero mayor exactitud en comparación con una guía quirúrgica con manga metálica, las desviaciones en los cuatro parámetros (mesial, bucolingual en ápice y cervical, y angulación bucolingual) fueron consistentes entre las guías con y sin manga metálica, la eliminación de las mangas metálicas puede reducir el costo y simplificar el proceso de planificación y creación de guías quirúrgicas y la precisión y exactitud de la colocación del implante no se ven comprometidas al eliminar las mangas metálicas, lo que sugiere que pueden ser prescindibles para la cirugía guiada.<sup>36</sup>

#### **4.11 Precisión de la colocación del implante con técnica guiada vs a mano alzada.**

En un estudio realizado por Mistry et al.<sup>37</sup> se compara la diferencia en precisión a la hora de colocar un implante que pudiera darse entre la técnica a mano alzada y guiada, para ello se utilizaron imágenes de CBCT de seis pacientes para crear modelos estereolitográficos para la colocación de implantes. Los pacientes cumplían con las siguientes características: selección de pacientes con la región de premolares/molares de la mandíbula en su boca. Altura ósea adecuada entre la cresta

alveolar y el nervio alveolar inferior (IAN) para una zona de seguridad de 4 mm para un implante de 10 mm. Pacientes en los que los implantes puedan colocarse a 1.5 mm de los dientes adyacentes y donde haya un espacio de 1.5 mm entre el hombro del implante y el hueso bucal. El procedimiento planificado era colocar una corona retenida por un único implante dental en la posición restauradora correcta con el hueso adecuado rodeando el implante para la estabilidad a largo plazo. Se seleccionó un implante adecuado y se colocó en estrecha proximidad a la ubicación del IAN y MN en una posición guiada por la restauración, según lo dictado por el diente generado virtualmente. Se permitió una zona de seguridad mínima de 4 milímetros hasta el IAN según el consenso actual. Una distancia de 1.5 milímetros desde el implante de los dientes adyacentes estaba en línea con las directrices clínicas. Se planificó una distancia de 1.5 milímetros entre el hombro del implante y la placa ósea bucal según las directrices clínicas establecidas. La distancia entre el ápice del implante y el IAN del implante planificado virtualmente se midió en un corte perpendicular a través del ápice del implante planificado utilizando la herramienta de medición del software.

Los datos se consideraron pareados ya que las mediciones para la cirugía a mano alzada y completamente guiada provenían de la misma muestra de pacientes. Se consideró el cuello del implante como un punto de entrada consistente y se mantuvo para las técnicas quirúrgicas FG y FH. Se compararon los siguientes resultados a mano alzada y completamente guiada: desviación del punto medio coronal, desviación del punto medio apical y desviación del ángulo vectorial; además, se comparó la distancia a mano alzada y completamente guiada desde el IAN hasta la posición planificada. La posición media de la técnica FG ( $0.08 \pm 0.32$  mm) fue más cercana a la posición planificada que la técnica FH ( $0.97 \pm 1.00$  mm). Hubo una tendencia general para que la técnica FH dejara una zona de seguridad más grande para el IAN y solo en el Caso 6 la posición a mano alzada estuvo más cerca del IAN que la planificada. La colocación completamente guiada también estuvo más cerca del IAN que la planificada en el Caso 6 y el Caso 1.<sup>38</sup> (Tabla 2).

Tabla 2. Desviación de la posición planificada con respecto al Nervio Inferior Alveolar (IAN) para la cirugía a mano alzada (FH).

Mano alzada	Distancia planeada al NAI (mm)	Distancia al NAI (mm)	Desviación (mm)	Desviación coronal (mm)	Desviación apical (mm)	Desviación angular (°)
1	3.21	4.28	+1.07	1.00	2.02	8.00
2	2.50	2.79	+0.29	0.87	2.17	9.12
3	6.29	7.91	+1.62	1.88	2.03	1.99
4	4.70	4.93	+0.23	0.70	0.93	4.88
5	4.18	6.73	+2.55	1.69	3.38	11.78
6	1.29	1.22	-0.07	0.44	0.78	2.82
Media	3.70 ± 1.76	4.64 ± 2.47	0.95 ± 1.00	1.10 ± 0.57	1.88 ± 0.95	6.43 ± 3.82

Fuente: Mistry A, Ucer C, Thompson J, Khan R, Karahmet E, Sher F. Colocación de Implantes Dentales Guiada en 3D: Impacto en la Precisión Quirúrgica y Daños Colaterales al Nervio Alveolar Inferior. *Dent J (Basel)*. 2021; 9(9):99.

El enfoque guiado tuvo mucha mayor consistencia, representado por una desviación estándar más baja, pero en general, la comparación de las técnicas completamente guiada y a mano alzada en términos de distancia del ápice al IAN no fue significativamente diferente de la posición planificada. Sin embargo, se encontró que una técnica FG lograba una posición más cercana a la posición planificada para todas las demás mediciones en todos los casos. Para el ángulo vectorial m medido, se encontró que la técnica completamente guiada era significativamente mejor, con una desviación media mucho menor ( $0.78 \pm 0.33$  mm frente a  $6.43 \pm 3.82$  mm). Para la desviación apical medida, la técnica completamente guiada fue significativamente mejor, con una desviación media mucho menor ( $0.43 \pm 0.27$  mm frente a  $1.88 \pm 0.95$  mm). Para la variación coronal medida, no hubo una diferencia significativa entre las dos técnicas, pero nuevamente hubo una desviación media menor para la técnica completamente guiada ( $0.35 \pm 0.24$  mm frente a  $1.10 \pm 0.57$  mm). La colocación de implantes dentales puede estar sujeta a variaciones en la precisión debido a la experiencia del operador y la variedad de técnicas y kits disponibles para el

cirujano de implantes.<sup>39</sup>(Tabla 3)

Tabla 3. Desviación de la posición planificada con respecto al Nervio Inferior Alveolar (IAN) para la cirugía completamente guiada (FG).

Completamente guiada	Distancia planeada al NAI (mm)	Distancia al NAI (mm)	Desviación (mm)	Desviación coronal (mm)	Desviación apical (mm)	Desviación angular (°)
1	3.21	2.96	-0.25	0.43	0.53	0.97
2	2.50	3.13	+0.63	0.79	0.92	0.98
3	6.29	6.33	+0.04	0.14	0.14	0.16
4	4.70	4.80	+0.10	0.22	0.22	0.95
5	4.18	4.35	+0.17	0.21	0.21	0.97
6	1.29	1.08	-0.21	0.29	0.29	0.69
Media	3.70 ± 1.76	3.78 ± 1.80	0.08 ± 0.32	0.35 ± 0.24	0.43 ± 0.27	0.78 ± 0.33

**Fuente:** Mistry A, Ucer C, Thompson J, Khan R, Karahmet E, Sher F. Colocación de Implantes Dentales Guiada en 3D: Impacto en la Precisión Quirúrgica y Daños Colaterales al Nervio Alveolar Inferior. *Dent J (Basel)*. 2021; 9(9):99.

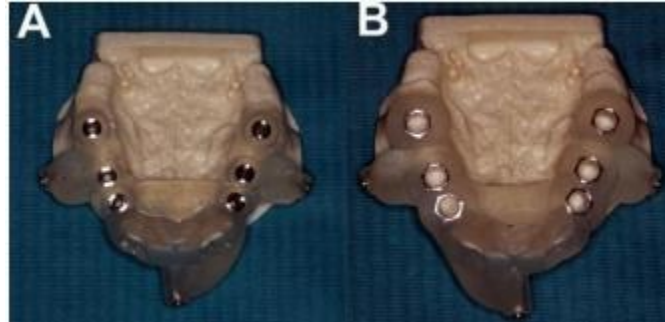
Utilizando un solo operador experimentado, no hubo una diferencia estadísticamente significativa en la distancia del ápice al IAN entre la FH y FG y la posición planificada. No obstante, dentro de las limitaciones de este estudio, la cirugía FG en 3D produjo un resultado más cercano a una posición planificada, particularmente en lo que respecta a la desviación angular, un hallazgo que debería dar al operador confianza en que pueden evitar daños a estructuras vitales cercanas al sitio de la cirugía. Sin embargo, la tolerancia del sistema FG puede verse afectada por varias posibles fuentes de error, incluidas la impresión 3D, el posprocesamiento, la adquisición y resolución de CBCT, los errores posicionales, la distancia del tubo al hueso. Estos factores deben tenerse en cuenta al planificar implantes cerca del IAN u otras estructuras vitales.<sup>38</sup>

La desviación media entre las posiciones planificadas y reales de los implantes fue menor con la cirugía FG en comparación con la FH. Esto sería esperado ya que FH es más subjetiva, confiando en puntos de referencia anatómicos.<sup>37</sup>

En otro estudio realizado por Jorba et al.<sup>40</sup> se concretó un estudio in vitro aleatorizado en donde se buscaba también comparar la colocación de implantes con sistema de navegación dinámica y la técnica convencional a mano alzada. Dos investigadores colocaron 36 implantes dentales en 6 modelos de mandíbula parcialmente edéntulos. Los modelos se fabricaron utilizando exactamente la misma plantilla y faltaban 3 dientes adyacentes en ambos lados (primer y segundo premolar y primer molar). Los 2 investigadores tenían diferentes grados de experiencia: Uno era un estudiante de último año de la licenciatura en odontología en la Universidad de Barcelona, sin experiencia en implantología, mientras que el otro era un cirujano oral experimentado (con más de 15 años de experiencia clínica en implantología).<sup>41</sup>

El tamaño de la muestra se calculó teniendo en cuenta que la variable de resultado principal era la desviación angular. El cálculo del tamaño de la muestra resultó en que se consideraron necesarios 36 implantes para este estudio (18 implantes para cada grupo). Antes de colocar los implantes dentales, una férula se fijó firmemente a los dientes anteriores restantes de la mandíbula. Se colocaron marcadores fiduciales en la férula y se realizaron tomografías computarizadas de todos los modelos. Los datos de la CBCT se cargaron en el software del sistema de navegación y se utilizaron sus utilidades de planificación para definir el arco dental, el trayecto del nervio alveolar inferior y la posición de cada implante. Los implantes se colocaron virtualmente en las posiciones del primer y segundo premolar y el primer molar en cada lado, teniendo en cuenta la posición más adecuada para la restauración final. Los modelos se asignaron aleatoriamente a los dos investigadores, cada uno de los cuales colocó 18 implantes en tres modelos en las posiciones de los dientes 21, 20, 19 y 28, 29, 30.<sup>40</sup> (Fig 5)

**Fig 5.** Modelos parcialmente edéntulos con guías estáticas para la colocación de implantes en las posiciones de los dientes 21, 20, 19 y 28, 29, 30. A. Plantilla quirúrgica usada por el primer grupo. B. Plantilla quirúrgica usada por el segundo grupo.



**Fuente:** Takács A, Marada G, Turzó K, Nagy Á, Németh O, Mijiritsky E, et al. ¿Influye el diseño de la fresa de implantes en la precisión de la colocación de implantes dentales mediante cirugía asistida por computadora estática? Un estudio in vitro. *BMC Oral Health*. 2023; 23(1):575.

Para evaluar la precisión de ambos métodos, se realizó una segunda tomografía computarizada de cada modelo después de la colocación del implante. Un tercer investigador independiente y cegado superpuso las exploraciones preoperatorias y postoperatorias de CBCT, y comparó la posición planificada con la posición final del implante dental. Para cada implante colocado, se comparó la posición ideal del implante según la planificación virtual prequirúrgica con la posición real final del implante, midiendo las siguientes variables: desviación tridimensional (3D) de entrada (desviación 3D en el aspecto coronal de la cresta alveolar), desviación bidimensional (2D) de entrada (desviación 2D en el aspecto coronal de la cresta alveolar), desviación 3D del ápice (desviación 3D en el área apical del implante), desviación de profundidad del ápice (desviación vertical) y desviación angular.<sup>42</sup>

Los resultados descriptivos y bivariados de las principales variables de resultado al comparar los dos sistemas de colocación de implantes utilizados se pueden observar en la Tabla 4.

**Tabla 4. Resultados descriptivos de las principales variables de resultado para ambos grupos según el método de colocación de implantes utilizado.**

	n	(Entrada 3D) Media (DE)	Entrada 2D Media (DE)	Ápice 3D Media (DE)	Ápice Vertical Media (DE)	Angulación Media (DE)	Tiempo quirúrgico Media (DE)
Sistema de navegación dinámica	18	1.29 mm (0.46)	0.85 mm (0.41)	1.33 mm (0.5)	0.88 mm (0.47)	1.6° (1.3)	511.7 seg (131.6)
Mano alzada	18	1.5 mm (0.58)	1.26 mm (0.66)	2.26 mm (1.11)	0.57 mm (0.33)	9.7° (5.2)	240.1 seg (65.2)
Bivariado		p=0.229	p=0.02	p=0.001	p=0.034	p=0.000	p=0.000

**Fuente:** Jorba-García A, Figueiredo R, González-Barnadas A, Camps-Font O, Valmaseda-Castellón E. **Precisión y el papel de la experiencia en la cirugía de implantes dentales guiada por computadora dinámica: Un estudio in vitro.** *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2019; 24, 76-83.

Al analizar los resultados en relación con el papel de la experiencia del cirujano, el principiante mostró una mejora más pronunciada en la mayoría de los parámetros estudiados. Con el método de colocación a mano alzada, el clínico experimentado presentó resultados significativamente mejores para las variables de entrada 2D, desviación 3D del ápice y desviación angular. Sin embargo, estas diferencias fueron insignificantes cuando se utilizó el sistema de navegación dinámica. La utilidad de la navegación radica en su alta precisión, que es particularmente necesaria en algunas situaciones quirúrgicas específicas: cuando se deben tener en cuenta las estructuras anatómicas y el control de la profundidad es importante, mostró una precisión significativamente mayor para todas las variables estudiadas excepto en la entrada 3D y la profundidad del ápice. Por otro lado, este sistema aumentó significativamente el tiempo del procedimiento quirúrgico.<sup>43</sup>

El clínico experimentado logró una angulación más adecuada con el sistema de navegación dinámica, pero aumentó el tiempo de la cirugía y no mejoró significativamente los otros parámetros estudiados. Por otro lado, mejoró significativamente la precisión del profesional

principiante (entrada 2D, ápice 3D y angulación). Todos estos datos se pueden observar en la Tabla 5.

**Tabla 5. Diferencias entre los clínicos experimentados y principiantes, por grupo.**

	Experimentado		Principiante	
	Navegación	Mano alzado	Navegación	Mano alzada
Entrada 3D Media (DE)	1.19 mm (0.45)	1.28 mm (0.39)	1.39 mm (0.48)	1.71 mm (0.67)
Entrada 2D Media (DE)	0.68 mm (0.42)	0.95 mm (0.52)	1.02 mm (0.33)	1.56 mm (0.67)
Ápice 3D Media (DE)	1.24 mm (0.46)	1.73 mm (0.51)	1.43 mm (0.54)	2.78 mm (1.32)
Ápice vertical Media (DE)	0.93 mm (0.35)	0.63 mm (0.4)	0.83 mm (0.58)	0.52 mm (0.25)
Angulación Media (DE)	2.15° (1.53)	6.69° (3.17)	1.03° (0.75)	12.66° (5.16)
Tiempo quirúrgico Media (DE)	487.8 seg (82.2)	200.2 seg (21.8)	535.6 seg (169.6)	280 seg (70.6)

**Fuente:** Jorba-García A, Figueiredo R, González-Barnadas A, Camps-Font O, Valmaseda-Castellón E. **Precisión y el papel de la experiencia en la cirugía de implantes dentales guiada por computadora dinámica: Un estudio in vitro.** *Med Oral Patol Oral Cir Bucal.* 2019; 24, 76-83.

Aunque los resultados obtenidos con la presente muestra fueron excelentes en términos de dirección horizontal (entrada y ápice del implante) y angulación, los resultados relacionados con la precisión de la profundidad no fueron tan buenos como se esperaba. El error medio general en la profundidad fue de 0.88 mm (en un rango de 0 mm a 1.6 mm), una gran discrepancia que puede considerarse inaceptable en situaciones comprometidas anatómicamente donde el nervio alveolar

inferior está en riesgo. Por lo tanto, en opinión de los autores, se debe aplicar un margen de seguridad de 2 mm a todas las estructuras anatómicas importantes en la planificación prequirúrgica.<sup>44</sup>

En conclusión, los sistemas de cirugía asistida por computadora dinámica permiten una colocación de implantes más precisa en comparación con el método convencional a mano alzada, independientemente de la experiencia del cirujano. Sin embargo, este sistema parece ofrecer más ventajas a los profesionales principiantes, ya que pueden reducir significativamente sus desviaciones, logrando resultados similares a los de los clínicos experimentados. Dado que pueden ocurrir desviaciones de profundidad, se recomienda un margen de seguridad mínimo de 2 mm respecto a las estructuras anatómicas relevantes.<sup>40</sup>

#### **4.12 Precisión de los implantes en la aplicación de las diferentes técnicas guiadas.**

En un estudio realizado por Takács et al.<sup>45</sup> con el objetivo de comparar la precisión de la colocación de implantes en cirugías con modelos según el diseño de las fresas utilizadas para finalizar el lecho del implante durante la cirugía de implante estática asistida por ordenador guiada por piloto. Se determinó un mínimo de la muestra en al menos 27 implantes dentales colocados por grupo de estudio, y se llevó a cabo un protocolo de colocación de implantes guiado por piloto donde los lechos de los implantes se finalizaron utilizando taladros rectos. En el estudio se formaron 3 grupos, en el Grupo 1, las cirugías de modelos se llevaron a cabo utilizando sCAIS guiado por piloto seguido de taladros escalonados. En el Grupo 2, la colocación de implantes se realizó con un protocolo guiado por piloto seguido de taladros rectos. En el Grupo 3, se realizó sCAIS completamente guiado para colocar los implantes. La marca, diámetro y longitud de los implantes utilizados fueron los mismos en los tres grupos de estudio y en todos los sitios.

Modelos de resina para capacitación práctica y educación que imitan el hueso tipo D3 según la clasificación de Misch fueron asignados aleatoriamente a tres grupos de estudio. Las intervenciones fueron realizadas por un cirujano con amplia experiencia en el uso clínico de sistemas de implantología asistida por computadora estáticos con protocolos tanto de guía piloto como completamente guiados. Las cirugías del modelo se llevaron a cabo en orden aleatorio durante el transcurso de cinco días, con tres cirugías de modelo (18 implantes colocados) cada día, para evitar inexactitudes debidas a la fatiga.<sup>46</sup>

Los cuerpos de escaneo se conectaron a los implantes, y se realizó el escaneo postoperatorio de los modelos utilizando un escáner de escritorio. Las variables de resultado primarias que describen la precisión de la colocación del implante fueron la desviación angular, la desviación global coronal y la desviación global apical. Las variables de resultado primarias fueron calculadas por un investigador que desconocía la modalidad utilizada para la colocación del implante durante la cirugía del modelo. En cada modelo se empleó la misma tecnología y material para la preparación de las plantillas quirúrgicas para eliminar el sesgo relacionado con las propiedades mecánicas de los materiales impresos en 3D.<sup>47</sup>

En cada grupo de estudio, se realizó la colocación de implantes dentales en cinco modelos, y se colocaron seis implantes por modelo, para un total de 90 implantes colocados en este estudio. La colocación de implantes guiada por piloto seguida de fresas escalonadas (Grupo 2) mostró valores significativamente más bajos en ambas variables de desviación global (desviación global coronal,  $0.78\pm 0.29$  mm; desviación global apical,  $1.02\pm 0.56$  mm) en comparación con la colocación de implantes guiada por piloto seguida de fresas rectas (Grupo 1) (desviación global coronal,  $0.95\pm 0.20$  mm; desviación global apical,  $1.42\pm 0.49$  mm). Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la desviación angular entre los Grupos 1 y 2 ( $7.56\pm 2.92^\circ$  y  $6.44\pm 2.84^\circ$ ). El enfoque totalmente guiado (Grupo 3) produjo valores significativamente más bajos en las tres variables de resultado primarias (desviación angular,  $2.36\pm 0.90^\circ$ ; desviación global coronal,  $0.59\pm 0.28$  mm; y desviación global apical,  $0.90\pm 0.29$  mm) que el Grupo 1 y valores significativamente más bajos de desviación angular y desviación global coronal que el Grupo 2. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la desviación global apical entre los Grupos 2 y 3.<sup>48</sup> (Tabla 6)

**Tabla 6. Desviación del implante de acuerdo al diseño de las fresas para finalizar el lecho del implante durante la cirugía de implante estática asistida por ordenador guiada por piloto.**

	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Desviación angular (en °)	7.56±2.92°	6.44±2.84	2.36±0.90°
Desviación global coronal (en mm)	0.95±0.20	0.78±0.29	0.59±0.28
Desviación global apical (en mm)	1.42±0.49	1.02±0.56	0.90±0.29 mm

**Fuente:** Takács A, Marada G, Turzó K, Nagy Á, Németh O, Mijiritsky E, et al. ¿Influye el diseño de la fresa de implantes en la precisión de la colocación de implantes dentales utilizando cirugía guiada por ordenador estática? Un estudio in vitro. *BMC Oral Health*. 2023; 23(1):575.

En este estudio, se observó una mayor precisión en la colocación de implantes en modelos donde se utilizaron fresas escalonadas para completar la preparación del lecho del implante, en comparación con el uso de fresas rectas. Sin embargo, los diferentes diseños de fresas no influyeron significativamente en la angulación de los implantes colocados. En un protocolo guiado por piloto, solo la primera osteotomía está guiada por la plantilla quirúrgica. Por lo tanto, la precisión de la colocación del implante depende de la capacidad del clínico para mantener la angulación y la posición de las fresas sucesivas. Según los resultados, el uso de fresas escalonadas para finalizar el lecho del implante durante la sCAIS guiada por piloto mejora la precisión de la colocación del implante.<sup>49</sup>

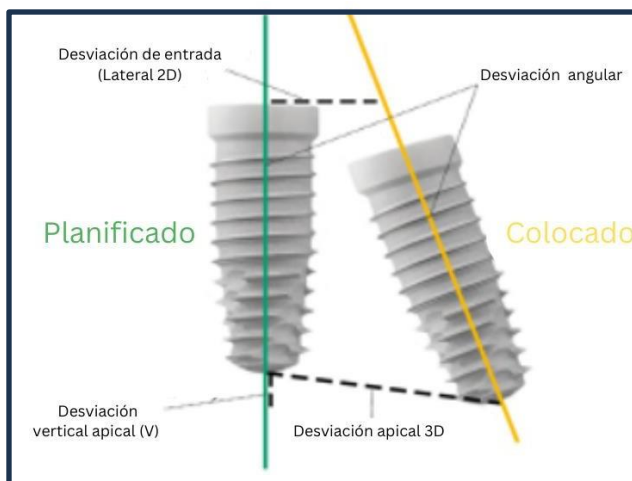
La colocación de implantes completamente guiada mostró una mejor precisión en la colocación de implantes que los enfoques guiados por piloto. Sin embargo, durante una intervención completamente guiada, la plantilla quirúrgica permanece en su lugar durante todo el procedimiento, inhibiendo el enfriamiento de las fresas, lo que puede ser una desventaja de este método. La cirugía guiada por piloto permite un abundante enfriamiento durante la preparación del lecho del implante y requiere una instrumentación menos sofisticada. El calentamiento de las

guías quirúrgicas durante la intervención y los cambios dimensionales consecuentes pueden haber afectado la precisión de la colocación de implantes en el presente estudio. En la cirugía completamente guiada, la plantilla quirúrgica permanece en su lugar durante toda la duración de la intervención, mientras que durante la cirugía guiada por piloto, la plantilla quirúrgica se retira después de la osteotomía piloto.<sup>50</sup>

En un estudio realizado por Schelbert et al.<sup>51</sup> con el objetivo de analizar la precisión de la cirugía de implantes guiada por computadora, se realizaron cirugías implantarias con aplicación de una plantilla quirúrgica estereolitográfica en 16 pacientes con edades comprendidas entre 24 y 81. La mayoría de las plantillas quirúrgicas estaban soportadas por dientes en ambos lados (situación de tapa, 16 implantes), algunas estaban soportadas por dientes en un solo lado (situación de extremo libre, 4 implantes) y una plantilla estaba soportada solo por mucosa (edéntulos, 2 implantes). Se colocaron veintiséis implantes. No se realizó una carga inmediata con restauraciones provisionales.<sup>51</sup>

Para cada implante planificado y colocado, se midieron todos los puntos de coordinación tridimensionales (x/y/z) del punto de entrada y el ápice a lo largo del eje del implante. Utilizando vectores matemáticos, se calculó la verdadera desviación tridimensional entre los implantes planificados y colocados para estos parámetros previamente definidos: (a) desviación en el punto de entrada; (b) desviación en el ápice; (c) desviación angular; y (d) desviación de profundidad en relación con el eje del implante planificado. Se realizaron análisis descriptivos de los datos cuantitativos y se describieron con valores medios, errores estándar e intervalos de confianza del 95%. Las desviaciones apicales y coronales se categorizaron en 3 grupos: 0 a 1 mm (leve, desviación clínicamente insignificante); 1 a 2 mm (moderada, probablemente clínicamente irrelevante); y más de 2 mm (potencialmente clínicamente relevante).<sup>52</sup> (Fig 6)

**Fig 6.** Mediciones de los puntos de coordinación tridimensionales del punto de entrada y el ápice a lo largo del eje del implante.



**Fuente:** Carrico C, Skrjanc L, Kanduti D, Deeb G, Deeb J. "Efecto de las Experiencias de Aprendizaje en la Colocación Guiada de Implantes sobre las Habilidades a Mano Alzada: Un Estudio Piloto." *Clin Exp Dent Res.* 2024; 10(2):878.

Se calcularon y compilaron las desviaciones entre las posiciones de los implantes planificadas virtualmente y las logradas quirúrgicamente para cada implante, y se realizó un análisis estadístico. La discrepancia promedio entre la colocación quirúrgica planificada y lograda del implante en el punto de entrada fue de 0.91 mm (SE = 0.11 mm; IC 95%: 0.69–1.13). Los datos correspondientes en el ápice fueron 1.22 mm (SE = 0.11 mm; IC 95%: 0.99–1.45). La discrepancia angular promedio fue de 4.11 grados (SE = 0.52 grados; IC 95%: 3.04–5.17). La desviación de profundidad promedio fue de 0.65 mm (SE = 0.11 mm; IC 95%: 0.42–0.87). También se determinaron los errores mínimos y máximos entre los implantes planificados y colocados. Para el número total de implantes, el error máximo fue de 2.34 mm en el punto de entrada, 2.71 mm en el ápice, 9.44 grados en la desviación angular y 2.00 mm en la desviación de profundidad.<sup>53</sup>

Solo un implante mostró una desviación potencialmente clínicamente relevante mayor a 2 mm en el punto de entrada. Diez implantes tuvieron desviaciones moderadas entre 1 y 2 mm, y 15 implantes presentaron una desviación menor a 1 mm. En el ápice, 2 implantes mostraron desviaciones mayores a 2 mm, 13 implantes tuvieron desviaciones entre 1 y 2 mm, y 11 implantes tuvieron una desviación menor a 1 mm. Considerando solo a los pacientes que recibieron implantes individuales, los errores de desviación promedio fueron 0.86 mm (SE = 0.18 mm; IC 95%: 0.46–

1.27) en el punto de entrada del implante, 1.23 mm (SE = 0.19 mm; IC 95%: 0.79–1.66) en el ápice, 0.63 mm (SE = 0.18 mm; IC 95%: 0.21–1.05) en la desviación de profundidad y 3.35 grados (SE = 0.70 grados; IC 95%: 1.76–4.94) en la desviación angular. Para los implantes colocados con la misma plantilla, las medias fueron 0.94 mm (SE = 0.14 mm; IC 95%: 0.65–1.23) de desviación en el punto de entrada, 1.21 mm (SE = 0.15 mm; IC 95%: 0.90–1.52) de desviación en el ápice, 0.66 mm (SE = 0.14 mm; IC 95%: 0.36–0.96) de desviación de profundidad y 4.58 grados (SE = 0.71 grados; IC 95%: 3.07–6.09) de desviación angular.<sup>20</sup>

Los implantes múltiples colocados con la misma plantilla mostraron mayores desviaciones medias en todos los parámetros analizados en comparación con los implantes colocados individualmente; sin embargo, estas diferencias no fueron estadísticamente significativas. Los errores de desviación promedio para los implantes colocados en el maxilar fueron 1.23 mm en el punto de entrada, 1.47 mm en el ápice, 0.89 mm en profundidad y 3.49 grados en la angulación, mientras que los errores de desviación promedio para los implantes colocados en la mandíbula fueron 0.47 mm en el punto de entrada, 0.88 mm en el ápice, 0.32 mm en profundidad y 4.95 grados en la angulación. Los implantes colocados en el maxilar mostraron una desviación significativamente mayor en el punto de entrada, el ápice y en profundidad que los implantes colocados en la mandíbula.<sup>54</sup> (Tabla 7)

**Tabla 7. Desviación media y el error estándar de la desviación para el total de todos los implantes y dividido por el tipo de mandíbula, el número de implantes colocados y la aplicación de aumento óseo.**

	(mm)							(Grados °)	
	No.	Punto de entrada		Ápice		Profundidad		Angulo	
		Media	DE	Media	DE	Media	De	Media	DE
Global	26	0.91	0.11	1.22	0.11	0.65	0.11	4.11	0.52
Subgrupos									
Maxila	11	0.47	0.07	0.88	0.12	0.32	0.07	4.95	0.86
Mandíbula	15	1.23	0.13	1.47	0.15	0.89	0.15	3.49	0.61
Simple	10	0.86	0.18	1.23	0.19	0.63	0.18	3.35	0.70
Doble	16	0.94	0.14	1.21	0.15	0.66	0.14	4.58	0.71
Hueso suficiente	15	1.06	0.16	1.38	0.16	0.80	0.16	4.81	0.71
Hueso insuficiente	11	0.70	0.11	0.99	0.12	0.44	0.11	3.14	0.68

**Fuente:** Schelbert T, Gander T, Blumer M, Jung R, Rücker M, Rostetter C. Precisión de la cirugía de implantes basada en plantillas guiadas por computadora A: Estudio de seguimiento clínico basado en tomografía computarizada. *Implant Dentistry*. 2019; 28(6):556-563.

En un estudio realizado por Lee et al.<sup>46</sup> cuarenta y ocho pacientes que recibieron terapia de implantes con cirugía guiada por plantillas fueron incluidos en este estudio. Se consideraron como factores causales relacionados con errores el tipo de soporte de la plantilla (soportada por mucosa o por dientes), el arco maxilar o mandibular, la ubicación anterior-posterior, la longitud de los implantes y el instituto donde se realizó el procedimiento. Se implantaron un total de 102 fijaciones. Las fijaciones se seleccionaron según las opciones prostodónticas y la elección del

paciente. Se tomó una tomografía computarizada (TC) 3D preoperatoria para la fabricación de la plantilla estereolitográfica. Se tomó una TC 3D postoperatoria dentro de los 2 meses posteriores a la cirugía asistida por computadora para su comparación.<sup>46</sup>

Para el procedimiento quirúrgico se hizo una incisión crestal en la cresta alveolar edéntula y se elevó el colgajo mucoperióstico. La plantilla quirúrgica se adaptó en la cavidad oral del paciente para la perforación secuencial planificada. Las fijaciones se insertaron a través de las mangas metálicas, después de ser bloqueadas en los montadores de implantes de conexión. Se colocaron tornillos de cobertura y se realizó la sutura sin tensión. El tipo de plantilla soportada por dientes adquirió retención de los dientes residuales. El tipo de plantilla soportada por mucosa fue soportado por clavijas de anclaje y la mucosa de cobertura.<sup>55</sup>

Se cargaron las imágenes de TC preoperatorias y postoperatorias, y las dos imágenes en serie se fusionaron mediante el uso de un algoritmo de máxima información mutua. Los implantes planeados y colocados del mismo paciente se superpusieron y se calcularon los errores. Se compararon las distancias coronales, las distancias apicales y las desviaciones del eje entre los dos implantes, y las distancias lineales de los centros coronales y apicales se desglosaron en desviaciones horizontales y verticales. Se calcularon los errores medios de las distancias coronales y apicales y las desviaciones del eje, y sus correlaciones se analizaron con el método de correlación de Spearman. Las correlaciones de los errores con los factores causales se analizaron con el modelo mixto lineal y se compararon las variables de cada factor.<sup>56</sup>

Los errores medios entre los implantes planeados y colocados fueron de  $1.09 \pm 1.10$  mm en el centro coronal,  $1.56 \pm 1.48$  mm en el centro apical y  $3.80 \pm 3.24^\circ$  en el eje. La desviación horizontal fue de  $0.72 \pm 0.75$  mm en el centro coronal y  $1.23 \pm 1.25$  mm en el centro apical. La desviación vertical fue de  $0.66 \pm 0.95$  mm en el centro coronal y  $0.69 \pm 1.03$  mm en el centro apical. Los errores totales en los centros coronal y apical estuvieron fuertemente correlacionados con sus desviaciones horizontales ( $r = 0.83$  y  $r = 0.89$ , respectivamente). Las desviaciones verticales también estuvieron fuertemente correlacionadas entre los centros coronal y apical ( $r = 0.92$ ).<sup>57</sup>

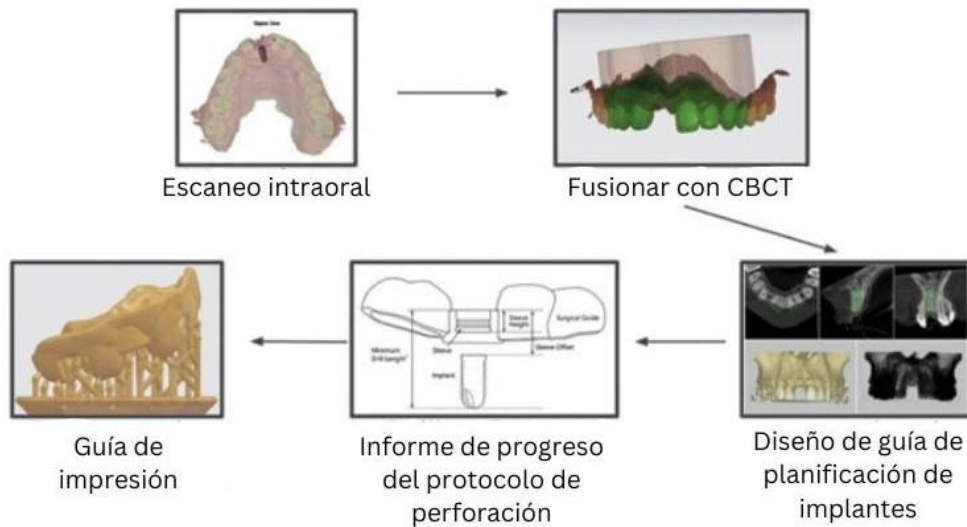
La diferencia en el tipo de soporte de la plantilla fue significativa para el error total en el centro apical de los implantes. Solo la desviación horizontal del ápice del implante en el arco mandibular fue menor que en el arco maxilar. Se encontraron errores significativos según la ubicación AP de

los implantes. Estos errores fueron mayores en la zona anterior que en las áreas de premolares y molares en las dimensiones total coronal y vertical, y vertical apical. Los errores aumentaron en proporción a la longitud de los implantes, excepto en las dimensiones total coronal y horizontal.<sup>54</sup>

En un estudio realizado por Schnutenhaus et al.<sup>58</sup> veinte pacientes fueron incluidos en un estudio clínico prospectivo. En los casos en los que se debían colocar múltiples implantes en un paciente, se especificó un implante de prueba para mantener valores independientes. Después de planificar la posición y el número de implantes, el implante de prueba se determinó preoperatoriamente mediante randomización. Los pacientes en este estudio cumplían con las siguientes características: restauración de al menos un diente perdido utilizando un implante, al menos cinco dientes residuales en el maxilar afectado.<sup>58</sup>

La tomografía computarizada de haz cónico (CBCT) fue realizada. Para la planificación del implante, se tomó una impresión de alginato del maxilar correspondiente para fabricar un modelo de yeso diagnóstico para cada paciente, seguido de un encerado protésico, que luego se escaneó ópticamente. La posición óptima del implante se determinó en base a la información sobre la disponibilidad de hueso, la restauración protésica planificada y la condición de los tejidos blandos. Esta planificación del implante se guardó como un registro de datos de interfaz. Usando este plan, se definió la posición óptima del implante. Todos los pasos de planificación y la posterior colocación del implante fueron realizados por el mismo practicante, basado en este plan, un se diseñó una plantilla de perforación. Los datos de diseño de las plantillas de perforación se enviaron al laboratorio dental de la clínica. Para la fabricación de la plantilla de perforación, se estipuló que debía llevarse a cabo un soporte dental. Todas las plantillas de perforación fueron fabricadas por el mismo técnico dental utilizando una impresora 3D.<sup>59</sup> (Fig 7)

**Fig 7.** Secuencia de pasos a seguir por el técnico dental para la fabricación de las plantillas quirúrgicas de perforación.



**Fuente:** Yeung M, Abdulmajeed A, Carrico C, Deeb G, Bencharit S. "Precisión y Exactitud de Guías Quirúrgicas para Implantes Impresas en 3D con Diferentes Sistemas de Implantes: Un Estudio In Vitro." *J Prosthet Dent.* 2020; 123(6):821-828.

Todos los implantes fueron colocados por un cirujano experimentado. Después de elevar el colgajo mucoperióstico, el lecho del implante se preparó de acuerdo con el protocolo del fabricante. Para reducir otros factores influyentes, el procedimiento fue completamente guiado por la plantilla, incluida la inserción del implante. Todos los implantes se proporcionaron con prótesis fijas. Para la restauración protésica, la situación clínica se registró tres meses ( $\pm 2$  semanas) después de la implantación utilizando una cubeta individual, poste de impresión y material de impresión de silicona adicional. Después la impresión se transfirió a un modelo de yeso por un técnico dental. El poste de impresión se complementó con un implante análogo atornillado y la impresión se digitalizó.<sup>60</sup>

Para el análisis planificado de las desviaciones de distancia y ángulo, fue necesario el uso de construcciones auxiliares que reflejaran la posición exacta planificada del implante y la posición del implante clínicamente lograda. Las construcciones auxiliares se adaptaron a las respectivas longitudes y diámetros de los implantes y luego se cargaron en el programa para su asignación. De este modo, se pudo asegurar que los puntos finales del eje y la desviación del eje de las posiciones de los implantes pudieran determinarse de manera estandarizada para un análisis posterior. Las

construcciones auxiliares asignadas, que reproducían los datos clave de la información 3D de la posición del implante planificada y clínicamente lograda, se cargaron en un analizador de datos de medición para un análisis posterior.<sup>61</sup>

El análisis métrico incluyó las siguientes mediciones: desviación tridimensional (la desviación 3D de los puntos medios entre la posición del implante planificada y la posición del implante clínicamente lograda, medida en el hombro y el ápice del implante), desviación apicocoronal (desplazamiento espacial vertical medido en el centro del hombro del implante), desviación del eje (desviación angular de los ejes del implante desde la posición planificada y la posición del implante clínicamente lograda), desviación bidimensional en las direcciones mesiodistal y bucolingual medida en el hombro y el eje del implante. Con estricta adherencia al protocolo, todos los 20 pacientes incluidos fueron operados sin complicaciones. No se observaron desviaciones 2D en el grupo de comparación. La comparación de los grupos se realizó utilizando la prueba de Mann-Whitney U, ya que no había distribución normal.<sup>58</sup> (Tabla 8)

**Tabla 8. Desviaciones entre la posición planeada y conseguida del implante.**

	Grupo de prueba (n = 20)			Grupo de comparación (n = 48)		
	Media (DE)	IC 95%	Min-Max	Media (DE)	IC 95%	Min-Max
Desviación en el hombro del implante (mm)						
3D	0.94 (0.53)	0.69–1.19	0.15–2.15	0.66 (0.30)	0.58-0.75	0.18.1.66
Mesiodistal	0.27 (0.25)	0.15–0.39	0.04–1.00			
Bucolingual	0.42 (0.33)	0.26–0.57	0.01–1.11			
Apicocoronal	0.68 (0.55)	0.43–0.95	0.01–1.92	0.28 (0.27)	0.20-0.36	0.00-1.40
Desviación en el ápice del implante (mm)						
3D	1.36 (0.62)	1.05–1.64	0.31–2.92	1.36 (0.65)	1.17-1.55	0.26-3.50
Mesiodistal	0.67 (0.53)	0.43–0.92	0.07–2.00			
Bucolingual	0.74 (0.56)	0.47–1.00	0.06–1.87			
Apicocoronal	0.74 (0.56)	0.43–0.91	0.10–2.06			
Desviación angular (grados)	4.1 (2.3)	3.0–5.2	0.4–10.0	4.0 (2.1)	3.4-4.6	0.1-11.1

Fuente: Schnutenhaus S, Edelmann C, Rudolph H. ¿Afecta el diseño macro de un implante la precisión de la implantación guiada por plantillas? Un estudio clínico prospectivo. *Int J Implant Dent.* 2021; 7(1):42.

La evaluación de los implantes en sus respectivos grupos mostró desviaciones significativas en la dirección apicocoronal con desviación 3D asociada en el hombro. No hubo diferencias significativas en la desviación angular. La evaluación de las desviaciones 2D en las direcciones mesiodistal y bucolingual del grupo de prueba resultó en valores medios de 0.27 mm y 0.42 mm, respectivamente, en el hombro, y 0.67 mm y 0.74 mm, respectivamente, en el ápice. Las

desviaciones en las direcciones mesiodistal y bucolingual no fueron significativamente diferentes.<sup>62</sup>

El tipo de manga de perforación tiene una influencia en la precisión de la posición del implante. Una plantilla normal con una altura de manga guía de 5 mm o menos puede introducir grandes desviaciones en la implantación, lo que resulta en niveles significativos de imprecisión. Tallarico et al. mostraron que las mangas abiertas resultaron en una precisión inferior en comparación con las mangas cerradas.<sup>63</sup>

También se pudo determinar que las plantillas convencionales con mangas metálicas produjeron resultados menos precisos que las plantillas quirúrgicas que solo tenían la guía en el material impreso en 3D. Solo unos pocos estudios han investigado el sistema de implante como un cofactor para la precisión. Por ejemplo, Yeung et al. encontraron desviaciones angulares significativas y desviaciones verticales en un estudio in vitro utilizando tres sistemas de implantes diferentes. En particular, se determinaron desviaciones altas y clínicamente relevantes en la dimensión vertical en este estudio.<sup>59</sup>

Este estudio muestra que el diseño macro puede influir en la precisión de la colocación del implante. Basado en observaciones clínicas, esto puede interpretarse a través de diferentes métodos de preparación del lecho implantario. Resulta que el protocolo de perforación depende del sistema de implante. Durante la preparación de la osteotomía del implante de prueba, se realizó una preparación adicional con una fresa para hueso denso o un cortador de rosca. Con este hallazgo, se espera nuevamente una curva de aprendizaje del usuario para cada sistema de implante, lo que llevará a una mayor precisión en el desplazamiento vertical. Una adaptación del protocolo de perforación o las secuencias de perforación también pueden resultar en una mayor precisión en la dirección apicocoronal. Las investigaciones clínicas sobre el efecto de diferentes sistemas de implantes en la precisión parecen tener sentido a partir de la presente investigación.<sup>64</sup>

#### **4.12.1 Comparación de la colocación de implantes utilizando guías quirúrgicas por parte de practicantes novatos vs profesionales experimentados**

En un estudio realizado por Wang et al.<sup>65</sup> con el objetivo de investigar el desempeño de practicantes novatos versus experimentados en la colocación de implantes dentales utilizando enfoques a mano alzada, guiado estático y navegación dinámica. Se reclutó retrospectivamente

una imagen CBCT mandibular con primeros molares inferiores bilaterales ausentes de una base de datos radiológica. Posteriormente, se fabricaron 36 modelos de simulación idénticos con una resina acrílica. Se reclutaron tres profesionales experimentados y tres novatos. Los profesionales experimentados consistían en cirujanos orales con más de 5 años de experiencia clínica en implantología dental y los novatos eran dentistas generales sin experiencia clínica en implantología dental. Antes de la investigación, todos los profesionales recibieron capacitación práctica estándar para la planificación virtual con software de planificación de tratamiento de implantes y simulación del procedimiento quirúrgico con el sistema de navegación para lograr una competencia mínima. Además, los practicantes novatos también fueron entrenados por un clínico experimentado para realizar la colocación de implantes con guías quirúrgicas y enfoques a mano alzada.<sup>65</sup>

La planificación para la colocación de implantes basada en guías estáticas se realizó utilizando un software de planificación de implantes, donde se importaron y registraron imágenes CBCT y escaneos intraorales de los dientes. Dado que los dientes derivados del conjunto de datos CBCT no muestran los dientes con precisión, la integración de la imagen escaneada intraoral a través del paso de registro permitió lograr detalles precisos de la superficie oclusal para la construcción de una guía quirúrgica que encajara correctamente. Después de la colocación virtual de los implantes, se diseñó una guía quirúrgica y se exportó en formato de lenguaje de teselación estándar (STL). En la guía se fijaron manguitos quirúrgicos a la guía con un adhesivo.<sup>66</sup>

Las imágenes CBCT de ambos, paciente y modelo, se importaron en formato DICOM para alinear y combinar las dos imágenes. Este conjunto de datos combinado en DICOM y la imagen IOS de los dientes se subieron y registraron en el software de implantes. Los implantes se posicionaron virtualmente en los sitios 36 y 46 de manera similar a la planificación basada en guía estática. Luego, todas las imágenes y la planificación virtual se transfirieron al sistema de navegación.<sup>67</sup>

A todos los profesionales se les asignó la tarea de insertar implantes mediante cada uno de los enfoques. El orden de los enfoques fue aleatorizado para cada profesional y se aplicó un intervalo de una semana entre los enfoques para evitar el sesgo de memoria. El procedimiento quirúrgico fue estandarizado de antemano y la secuencia de perforación se preparó con irrigación según un protocolo recomendado por el fabricante. Después de la osteotomía, los implantes se colocaron utilizando un motor quirúrgico a 15 rpm y con un torque máximo de 50 N.cm Cada modelo se fijó en una cabeza fantasma dental para simular un escenario clínico. Para el enfoque a mano alzada,

los profesionales usaron la posición planificada del implante mostrada en el software como referencia. El enfoque basado en guía estática implicaba una osteotomía guiada por una broca piloto seguida de una osteotomía a mano alzada e inserción del implante.<sup>68</sup>

Se adquirió una tomografía computarizada (CBCT) postoperatoria de los modelos perforados utilizando los parámetros de adquisición previos. Posteriormente, se superpusieron las imágenes CBCT preoperatorias y postoperatorias para evaluar automáticamente la desviación entre la colocación del implante planificada y la real. Los parámetros para evaluar la desviación incluyeron el tiempo quirúrgico registrado. Un total de 72 implantes fueron colocados por tres practicantes experimentados (12 implantes por practicante = 36 implantes) y tres practicantes novatos (12 implantes por practicante = 36 implantes). Dos sitios de implante sufrieron perforación en la parte apical del hueso lingual tras la perforación con el enfoque a mano alzada por parte de practicantes experimentados, mientras que los practicantes novatos perforaron el hueso lingual en dos sitios utilizando la guía quirúrgica. Además, un novato fracturó una guía durante la osteotomía.<sup>69</sup>

A continuación, se describe la desviación media entre la posición planificada y la posición real del implante, así como el tiempo tomado por cada enfoque. Tras verificar la normalidad de los valores residuales en los datos transformados, el modelo lineal mixto mostró que el enfoque de navegación mejoró significativamente la desviación angular en comparación con el enfoque a mano alzada y la guía quirúrgica. Además, los practicantes experimentados mostraron una desviación angular ligeramente mayor con los tres enfoques en comparación con los practicantes novatos, sin ninguna diferencia significativa. Las diferencias en la entrada 2D, el ápice 3D y el ápice V no fueron significativamente diferentes según los enfoques, la experiencia o la interacción de ambos. Los resultados se muestran en la Tabla 9.<sup>65</sup>

**Tabla 9. Valores descriptivos categorizados por enfoque quirúrgico entre practicantes novatos y expertos.**

Método	Entrada/mm	Ápice (3D)/mm	Ápice (V)/mm	Ángulo/°	Tiempo/seg
<b>Manual</b>					
Expertos	1.11±0.58 (0.29–2.34)	1.91±1.06 (0.97–3.93)	0.54±0.38 (0.1–1.2)	9.73±4.29 (4.01–17.65)	3.27±1.43 (2.12–6.67)
Novatos	1.40±1.01 (0.09–3.15)	2.54±1.58 (0.85–6.33)	0.60±0.33 (0.1–1.09)	8.15±4.73 (3.37–21.28)	7.33±3.40 (3.25–13.17)
<b>Guía quirúrgica</b>					
Expertos	0.83±0.65 (0.1–2.24)	1.67±0.94 (0.38–3.64)	0.48±0.34 (0.01–0.97)	7.27±3.82 (1.5–13.89)	3.62±1.78 (1.62–7.65)
Novatos	0.92±0.38 (0.31–1.58)	1.66±0.64 (0.48–2.75)	0.41±0.27 (0.03–0.89)	7.07±4.38 (1.45–15.36)	7.59±2.17 (4.48–11.28)
<b>Navegación</b>					
Expertos	1.09±0.41 (0.37–1.67)	1.55±0.56 (0.65–2.77)	0.44±0.55 (0.04–1.96)	3.37±1.56 (1.61–6.68)	11.58±3.51 (6.77–19.03)
Novatos	1.14±0.46 (0.4–2.02)	1.76±0.71 (0.81–2.75)	0.70±0.58 (0.14–2.2)	3.19±1.89 (1.25–6.54)	13.08±4.62 (5.75–20.33)

Fuente: Wang X, Shaheen E, Shujaat S, Meeus J, Legrand P, Lahoud P, et al. Influencia de la experiencia en la colocación de implantes dentales: una comparación in vitro de los enfoques manual, guiado estático y navegación dinámica. *Int J Implant Dent.* 2022; 8(1):42.

El tiempo quirúrgico con el enfoque de navegación fue significativamente más largo que el de la mano alzada y la guía quirúrgica. Además, los practicantes novatos mostraron un aumento general en el tiempo quirúrgico en comparación con los practicantes experimentados. Se observó una diferencia significativa en la interacción, lo que indicó que tanto la experiencia como el enfoque

afectaron el tiempo quirúrgico. El tiempo tomado por los practicantes novatos con el enfoque de navegación fue significativamente más largo en comparación con los practicantes experimentados.<sup>70</sup>

## **5. Marco Metodológico**

### **5.1 Tipo de estudio**

Esta investigación es de tipo descriptiva, analítica, debido a que se realizó una revisión de la literatura con el fin de lograr una selección detallada y crítica de la información actualizada sobre la efectividad de la cirugía guiada para implantes.

### **5.2 Estrategias de búsqueda bibliográfica**

La búsqueda de la literatura se realizó a través de buscadores de salud como PubMed, BioMedCentral y ScienceDirect, Lilacs, además de la búsqueda en EBSCO y CRAI como base de datos.

### **5.3 Criterios de búsqueda**

Los artículos seleccionados cumplieron los siguientes criterios:

- Artículos de investigación originales y revisiones de literatura.
- Artículos de investigación publicados entre 2019 y 2024.

### **5.4 Selección de palabras clave**

Se empleó el Medical Subject Headings (MeSH) para la investigación de las siguientes palabras clave: dental implant, guided surgery, dental implant surgery, surgical template, freehand. Además, se integraron términos relevantes adicionales, empleando los operadores booleanos "AND" y "OR" para vincular los criterios de búsqueda.

## 6. Discusión

El índice de supervivencia de los implantes mediante el uso de cirugía guiada, basado en el estudio realizado por Dioguardi et al.<sup>16</sup>, se evaluó la colocación de 1495 implantes en 226 pacientes con edades comprendidas de entre 20 y 77 años. A estos pacientes se les dio seguimiento durante un periodo de entre 1 a 5 años. Todos los implantes se colocaron utilizando cirugía guiada sin colgajo, salvo en dos estudios en los que se empleó colgajo abierto y minicolgajos, respectivamente. Los implantes fueron insertados tanto en sitios post-extracción como en sitios completamente cicatrizados. La carga inmediata del implante se aplicó en todos los casos, a excepción de un estudio en el que se utilizó carga convencional. La colocación de la restauración definitiva se realizó entre 4 a 8 meses posteriores. La tasa de supervivencia de los implantes varió entre un mínimo del 96.3% después de 3 años, con fallos tempranos en cinco casos, y un valor máximo del 100% después de 1 año de seguimiento. La pérdida ósea marginal media osciló entre un mínimo de 0.32 mm tras un año de seguimiento y un máximo de 1.9 mm. Las causas de fracaso del implante se debieron a los siguientes factores: paciente bruxomano, inadecuada oseointegración, sobrecarga del implante, periimplantitis y la pobre calidad de hueso. Por otra parte, la alta tasa de supervivencia observada en los distintos estudios podría atribuirse a los siguientes factores: una colocación protésica ideal, lo que favorece una correcta higiene oral y distancias interimplantarias bien planificadas, así como limitar el número de elementos intermedios a menos de dos para evitar micro-movimientos, adecuada ferulización de los implantes con la restauración provisional y evitar cargas oclusales excesivas. De la misma manera Kalaiyani et al.<sup>17</sup> afirma que las tasas de supervivencia de los implantes basado en plantillas asistido por computadora son del 91% al 100% tras un seguimiento de 1 a 5 años, en donde se evidencio el éxito de la tasa de supervivencia después de la carga protésica con una pérdida ósea de aproximadamente 1.5 mm. Sin embargo, a pesar de la alto índice de supervivencia demostrado por los anteriores autores Vercruyssen et al.<sup>18</sup> constata que al comparar los resultados de la cirugía guiada con los protocolos convencionales de cirugía, no se reportan diferencias entre los índices de supervivencia de los implantes entre ambos métodos, por lo que la cirugía guiada y convencional son opciones igualmente validas y predecibles.

Comparativa entre la tomografía computarizada y la CBCT durante la planificación, según estipula Tahmaseb et al.<sup>4</sup> la dosis de radiación más baja y el costo menor reportado para el CBCT en

comparación con la tomografía computarizada de cortes múltiples a menudo se consideran ventajas frente a las desventajas reportadas, como el bajo contraste de tejidos blandos con CBCT para la imagenología de la región maxilofacial. Desde el principio, la adquisición de datos volumétricos de CT y CBCT es la primera fuente potencial de error. La dosis de radiación más baja y el costo menor reportado para el CBCT en comparación con la tomografía computarizada de cortes múltiples a menudo se consideran ventajas frente a las desventajas reportadas, como el bajo contraste de tejidos blandos con CBCT para la imagenología de la región maxilofacial. Aunque las mediciones lineales en imágenes CBCT parecen ser precisas, diferentes parámetros pueden influir en los resultados finales. Los movimientos del paciente durante el proceso de imagen CBCT pueden causar distorsión y degradación de la calidad de la imagen, se demostró que se encontraron mayores errores cuando los pacientes se movieron durante las tomografías en comparación con aquellos que no se movieron. Los resultados mostraron que el movimiento provocó una divergencia significativa en el nivel del hombro y el ápice del implante. De la misma manera la presencia de restauraciones metálicas produce artefactos en el CBCT, lo que afecta negativamente la calidad de la imagen, estos artefactos causan una degradación significativa de la imagen y, a menudo, representan incorrectamente la región de interés, por lo que se recomienda que los clínicos sean conscientes de estas limitaciones y comprendan estas restricciones junto con la anatomía normal de CBCT para facilitar una evaluación precisa. En contraste Schelbert et al.<sup>51</sup> afirma que la tomografía computarizada genera un modelo virtual tridimensional exacto de la cantidad y calidad de hueso disponible, así como de las estructuras anatómicas y patologías, lo que la convierte en la técnica radiológica más precisa y completa para la planificación de implantes dentales. Aun así, la congruencia entre la CBCT y la TC ha sido demostrada, donde el CBCT parece ser suficiente la planificación de implantes. Por el contrario, Ozan et al.<sup>55</sup> indica que la TC permite al profesional visualizar vistas transversales, axiales y panorámicas de las mandíbulas del paciente para una planificación más precisa de la terapia de implantes. Esta TC prequirúrgica se usa a menudo para la selección del implante, pero no siempre para la posición exacta del mismo. En la cirugía convencional, la información de la imagen de TC no se transfiere directamente a la cirugía de implante real. El profesional generalmente decide la posición del implante elegido una vez que se levanta el colgajo, se expone el hueso, y con la guía quirúrgica como único indicador de dirección. A pesar de dicha inexactitud la TC es una herramienta útil, especialmente en situaciones con limitaciones anatómicas, dimensiones óseas insuficientes y baja densidad ósea. Al

evaluar la magnitud del error al transferir la posición planeada de los implantes a partir de TC a una guía quirúrgica, concluyeron que los errores de transferencia observados no eran clínicamente relevantes, ya que otros factores involucrados en la transferencia de mediciones posicionales y angulares de las imágenes de TC al área quirúrgica real pueden producir errores mayores.

La precisión en la colocación de implantes dentales entre la cirugía guiada y la mano alzada. Basándose en los hallazgos de Ku et al.<sup>28</sup>, se puede observar que la cirugía guiada ofrece una mayor precisión en la colocación de implantes, reduciendo significativamente la desviación en la distancia de entrada y el ángulo de inserción. En particular, el enfoque sin colgajo asistido por computadora demostró una menor desviación en comparación con la técnica a mano alzada y la colocación parcialmente guiada basada en moldes. Además, el uso de la técnica sin colgajo asistida por computadora también mostró un menor tiempo quirúrgico y menos complicaciones postoperatorias, lo que lo convierte en un enfoque preferible en situaciones donde se busca minimizar la invasividad. Sin embargo, es importante considerar que, a pesar de los beneficios en términos de precisión, la técnica sin colgajo asistida por computadora presenta una tasa de complicaciones intraoperatorias que debe ser tomada en cuenta, especialmente en pacientes con tejido queratinizado limitado o necesidades de aumento óseo. De la misma forma, Mistry et al.<sup>37</sup> y Jorba et al.<sup>40</sup> demuestran que la técnica completamente guiada logra una mayor consistencia y precisión en comparación con la técnica a mano alzada, particularmente en términos de desviación angular y apical. Aunque ambas técnicas presentaron resultados similares en cuanto a la distancia del ápice al nervio alveolar inferior (IAN), la cirugía guiada mostró una desviación media significativamente menor en el ángulo vectorial y en la desviación apical. Esto resalta la superioridad de la técnica guiada en términos de precisión. No obstante, factores como la impresión 3D y los errores de posicionamiento podrían afectar la precisión del enfoque guiado, lo que sugiere la necesidad de considerar un margen de seguridad adecuado al planificar la colocación de implantes cerca de estructuras anatómicas críticas.

La importancia del diseño la guía quirúrgica en la colocación de implantes dentales, siguiendo el estudio realizado por Schelbert et al.<sup>51</sup> mostró que los implantes colocados con cirugía guiada en el maxilar presentan mayores desviaciones en comparación con los de la mandíbula, siendo estas diferencias más pronunciadas en el punto de entrada y la profundidad apical. Aunque la mayoría de las desviaciones fueron clínicamente insignificantes, se observó que los implantes múltiples

colocados con la misma plantilla tendían a mostrar mayores desviaciones que los colocados individualmente. Estos hallazgos destacan la importancia de considerar el tipo de soporte de la plantilla y las características anatómicas del paciente al planificar la colocación de implantes, especialmente en casos de implantes múltiples o en el maxilar, donde la precisión puede verse comprometida. Asimismo, Schnutenhaus et al.<sup>58</sup> indica que la colocación completamente guiada de los implantes es altamente precisa, a pesar de observarse diferencias significativas en la desviación apicocoronal, la desviación angular no presenta diferencias relevantes. Un hallazgo clave fue que la precisión de la posición del implante puede verse influenciada por la altura de la manga guía y el diseño de la plantilla quirúrgica. Además, el uso de plantillas con mangas abiertas o plantillas convencionales con mangas metálicas resultó en una menor precisión en comparación con las plantillas fabricadas únicamente con material impreso en 3D. Estos resultados sugieren que la elección del sistema de implante y el diseño del protocolo quirúrgico tienen un impacto directo en la precisión de la colocación de implantes, resaltando la importancia de una cuidadosa planificación y del uso adecuado de las herramientas guiadas para optimizar los resultados clínicos.

La relevancia de las diferentes técnicas guiadas en la colocación de implantes dentales entre practicantes principiantes y profesionales experimentados, según lo investigado por Wang et al.<sup>65</sup> demuestra que, el enfoque de navegación dinámica demostró ser superior en precisión al reducir la desviación angular en comparación con los métodos a mano alzada y guiados. Sin embargo, a pesar de su mayor precisión, los profesionales experimentados presentaron una desviación angular ligeramente mayor en comparación con los principiantes, no hubo diferencias significativas entre los dos grupos en cuanto a desviación en la entrada 2D, el ápice 3D y la angulación, además el enfoque de navegación requirió un tiempo quirúrgico significativamente más largo, especialmente para los practicantes principiantes, lo que sugiere que la experiencia del cirujano puede influir en la eficiencia del procedimiento. Por otra parte, Carrico et al.<sup>71</sup> demuestra que el uso de una guía no siempre es factible, la colocación de implantes a mano alzada puede dar resultados clínicamente aceptables cuando se realiza una planificación prequirúrgica adecuada, se utilizan imágenes 3D y se seleccionan correctamente los casos. Se ha demostrado poca o ninguna diferencia en los resultados reportados por los pacientes basados en la técnica de colocación. Muchos factores pueden influir en la posición final del implante después de la cirugía guiada o a mano alzada, incluyendo la experiencia del operador, el método y la velocidad de perforación, los diámetros de las fresas, el diseño de la guía quirúrgica, la ubicación del implante, el número y la proximidad de

los dientes adyacentes, el número de implantes colocados y factores anatómicos. Este estudio se llevó a cabo en condiciones controladas y estandarizadas con maniquí dental, controlando la mayoría de los factores influyentes. Si bien las diferencias en las desviaciones de entrada en 2D y en el ápice vertical no mostraron cambios clínicamente significativos, estas medidas son inherentemente más fáciles para que un operador principiante las visualice y alinee con el plan de tratamiento. Sin embargo, las desviaciones del ángulo general y del ápice en 3D son más difíciles de visualizar, ya que tienen en cuenta desviaciones en todas las dimensiones y se acumulan a lo largo del trayecto de la implantación. Estas medidas demostraron diferencias potencialmente significativas desde el punto de vista clínico con los datos actuales, con diferencias de casi 1 mm en el ápice y 4°. Esto es especialmente relevante en la aplicación clínica de una prótesis multiunidad, donde las desviaciones se acumulan debido a las interdependencias de las unidades individuales. La precisión de la colocación de implantes a mano alzada se mantiene e incluso mejora ligeramente a través de intentos repetidos, ya que el aprendizaje con diferentes técnicas guiadas probablemente proporciona adaptación entre las tareas. La optimización de la posición de la fresa y del implante pudo haberse logrado a través de experiencias guiadas que facilitaron la ejecución de la colocación del implante preplanificada en una posición óptima. A través de intentos guiados repetidos para la colocación de los dos implantes que soportan un puente fijo de tres unidades, las habilidades motoras y de percepción evolucionaron, lo que permitió un aumento en la eficiencia y la precisión sin desarrollar dependencias.

Las limitaciones presentadas durante este trabajo fueron prácticamente información inexistente con resultados negativos sobre la cirugía guiada, la gran diversidad de tipos de estudios y factores a tomar en cuenta pudieron influir en la validez de los hallazgos, el trabajo se centró directamente en la recopilación de literatura de otros autores y no se pudieron obtener resultados de estudios de campo o experimentales para respaldar la información investigada por parte de la institución.

Los aportes de este trabajo están enfocados a definir qué tipo de cirugía guiada tiene mayor efectividad a la hora de la colocación de implantes, que aspectos clínicos se deben tomar en cuenta en cada una de ellas para obtener mejores resultados quirúrgicos y que tipo de guía quirúrgica ofrece un mejor rendimiento a lo largo del procedimiento quirúrgico. Este estudio está enfocado en explicar los resultados que se pueden obtener al aplicar diferentes tipos de cirugía guiada, para que el operador pueda elegir el método que más práctico le sea y saber qué expectativas esperar.

## 7. Conclusiones

- El tipo de soporte, la altura de la manga guía y el tipo de material de la plantilla puede influir en la colocación del implante planificada.
- La técnica de cirugía guiada ofrece una mayor consistencia en la precisión de la colocación de los implantes frente a la técnica convencional.
- Los errores mas comunes que afectan el resultado planificado son las distorsiones en las imágenes radiográficas, un incorrecto diseño de la guía, inestabilidad de la guía durante la perforación y la mala planificación preoperatoria.

## **8. Recomendaciones**

- Se recomienda siempre que se pueda el uso de la cirugía guiada ya que disminuye el riesgo de errores durante el procedimiento quirúrgico y permite un resultado más predecible.
- Se recomienda al clínico diseñar de manera propia las guías quirúrgicas a utilizar en cada cirugía para tener mejor comprensión de las mismas.

## 9. Referencias Bibliográficas

- 1- Ersoy A, Turkyilmaz I, Ozan O, McGlumphy E. Reliability of implant placement with stereolithographic surgical guides generated from computed tomography: clinical data from 94 implants. *J Periodontol*. 2008; 79:1339-1345.
- 2- Widmann G, Bale R. Accuracy in computer-aided implant surgery. A review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2006; 21:305-13.
- 3- Kernen F, Kramer J, Wanner L, Wismeijer D, Nelson K, Flügge T. A review of virtual planning software for guided implant surgery - data import and visualization, drill guide design and manufacturing. *BMC Oral Health*. 2020; 20(1).
- 4- Tahmaseb A, Wismeijer D, Coucke W, Derksen W. Computer Technology Applications in Surgical Implant Dentistry: A Systematic Review. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2014; 29(Suppl):25–42.
- 5- Colombo M, Mangano C, Mijiritsky E, Krebs M, Hauschild U, Fortin T. Clinical applications and effectiveness of guided implant surgery: a critical review based on randomized controlled trials. *BMC Oral Health*. 2017 Dec; 17(1):150.
- 6- Rungcharassaeng K, Caruso J, Kan J, Schutyser F, Boumans T. Accuracy of computer-guided surgery: A comparison of operator experience. *J Prosthet Dent*. 2015; 114(3):407-13.
- 7- Bothe R, Beaton L, Davenport H. Reaction of bone to multiple metallic Implants. *Surg Gynec Obstet*. 1940; 71:598–602.
- 8- Sullivan R. Implant dentistry and the concept of osseointegration: a historical perspective. *J Calif Dent Assoc*. 2001; 29(11):737-45.
- 9- Velasco E, Jiménez A, Ortiz I, Garrido N, Moreno J, Núñez E, et al. Implant Treatment by Guided Surgery Supporting Overdentures in Edentulous Mandible Patients. *Int J Environ Res Public Health*. 2021; 18(22):11836.
- 10- Rodas R, Historia de la implantología y la oseointegración, antes y después de Branemark. *Revista Estomatológica Herediana*. 2013; 23(1):39-43.

- 11- Van D, Naert I, Andersson M, Brajnovic I, Van J, Suetens P. A custom template and definitive prosthesis allowing immediate implant in the maxilla: a clinical report. *Int J of Oral Maxillofac Implants*. 2002; 17:663-667.
- 12- Contreras I, Contreras G, Bez L, de Souza R, Maziero C. Cirugía guiada en implantología. *Rev Odont Mex*. 2013; 17(2):117–22.
- 13- Sindhusa B, Rajasekar A. A short review on guided implant surgery and its efficiency. *Bioinformation*. 2022; 18(9):764-767.
- 14- Devadason N, Senthilkumar S, Rajasekar S. Digitally designed guided implant surgery in deficient maxillary ridges: Case reports. *J Adv Periodontol Implant Dent*. 2022; 14(1):38-45.
- 15- Kola M, Shah A, Khalil H, Rabah A, Harby N, Sabra S, et al. Surgical templates for dental implant positioning; current knowledge and clinical perspectives. *Niger J Surg*. 2015; 21(1):1-5.
- 16- Dioguardi M, Spirito F, Quarta C, Sovereto D, Basile E, Ballini A, et al. Guided Dental Implant Surgery: Systematic Review. *J Clin Med*. 2023; 12(4):1490.
- 17- Kalaivani G, Balaji V, Manikandan D, Rohini G. Expectation and reality of guided implant surgery protocol using computer-assisted static and dynamic navigation system at present scenario: Evidence-based literature review. *J Indian Soc Periodontol*. 2020; 24(5):398-408.
- 18- Vercruyssen M, van de Wiele G, Teughels W, Naert I, Jacobs R, Quirynen M. Implant- and patient-centred outcomes of guided surgery, a 1-year followup: an RCT comparing guided surgery with conventional implant placement. *J Clin Periodontol*. 2014; 41(12):1154–60.
- 19- Pozzi A, Tallarico M, Marchetti M, Scarfò B, Esposito M. Computer-guided versus free-hand placement of immediately loaded dental implants: 1-year post-loading results of a multicentre randomised controlled trial. *Eur J Oral Implantol*. 2014; 7(3):229–42.
- 20- Schneider D, Marquardt P, Zwahlen M, Jung R. “A systematic review on the accuracy and the clinical outcome of computer-guided template-based implant dentistry”. *Clin Oral Implants Res*. 2009; 20(Suppl 4):73-86.

- 21- Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. The accuracy of static computer-aided implant surgery: A systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Implants Res.* 2018; 29(Suppl 16):416–35.
- 22- Bjelica R, Viskić J, Batinjan G, Filipović I. Implantoprosthetic Rehabilitation by Computer-guided Implant Surgery (M-Guide): Case report. *Acta Stomatol Croat.* 2022; 56(1):89-94.
- 23- Stübinger S, Buitrago C, Cantelmi G. Deviations between Placed and Planned Implant Positions: An Accuracy Pilot Study of Skeletally Supported Stereolithographic Surgical Templates. *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012; 16(4):540–51.
- 24- Matsumura A, Nakano T, Ono S, Kaminaka A, Yatani H, Kabata D. Multivariate analysis of causal factors influencing accuracy of guided implant surgery for partial edentulism: a retrospective clinical study. *Int J Implant Dent.* 2021; 7(1):28.
- 25- Koop R, Vercruyssen M, Vermeulen K, Quirynen M. Tolerance within the sleeve inserts of different surgical guides for guided implant surgery. *Clin. Oral Implants Res.* 2012; 24(6):630–4.
- 26- Chackartchi T, Romanos G, Parkanyi L, Schwarz F, Sculean A. Reducing errors in guided implant surgery to optimize treatment outcomes. *Periodontol 2000.* 2022; 88:64–72.
- 27- Tarnow D, Cho S, Wallace S. The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. *J Periodontol.* 2000; 71:546-549.
- 28- Ku J, Lee J, Lee H, Yun P, Kim Y. Accuracy of dental implant placement with computer-guided surgery: a retrospective cohort study. *BMC Oral Health.* 2022; 22(1):8.
- 29- Cassetta M, Giansanti M, Di Mambro A, Stefanelli L. Accuracy of positioning of implants inserted using a mucosa-supported stereolithographic surgical guide in the edentulous maxilla and mandible. *Int. J. Oral Maxillofac. Implant.* 2014; 29:1071–1078.
- 30- Senthil S, Vijayalakshmi R, Kumari B, Mahendra J, Ambalavanan N. Current opinion on guided implant surgery. *Bioinformation.* 2023; 19(6):786-789.

- 31- Vieira D, Sotto B, Souza C, Reis E, Francischone C. Clinical accuracy of flapless computer - guided surgery for implant placement in edentulous arches. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2013; 28(5):1347–51.
- 32- Romandini M, Ruales E, Sadilina S, Hämmerle C, Sanz M. Minimal invasiveness at dental implant placement: A systematic review with meta-analyses on flapless fully guided surgery. *Periodontol 2000*. 2023; 91:89-112.
- 33- Magrin G, Rafael S, Passoni B, Magini R, Benfatti C, Gruber R, et al. Clinical and tomographic comparison of dental implants placed by guided virtual surgery versus conventional technique: a split-mouth randomized clinical trial. *J Clin Periodontol*. 2020; 47(1):120-128.
- 34- Edelmann A, Hosseini B, Byrd W, Preisser J, Tyndall D, Nguyen T, et al. “Exploring Effectiveness of Computer-Aided Planning in Implant Positioning for a Single Immediate Implant Placement.” *Journal of Oral Implantology*. 2016; 42(2):233–239.
- 35- Bencharit S, Staffen A, Yeung M, Whitley D, Laskin D, Deeb G. In vivo tooth-supported implant surgical guides fabricated with desktop stereolithographic printers: fully guided surgery is more accurate than partially guided surgery. *JOMS*. 2018; 76:1431-1439.
- 36- Adams C, Ammoun R, Deeb G, Bencharit S. Influence of Metal Guide Sleeves on the Accuracy and Precision of Dental Implant Placement Using Guided Implant Surgery: An In Vitro Study. *J Prosthodont*. 2023; 32(1):62-70.
- 37- Mistry A, Ucer C, Thompson J, Khan R, Karahmet E, Sher F. 3D Guided Dental Implant Placement: Impact on Surgical Accuracy and Collateral Damage to the Inferior Alveolar Nerve. *Dent J (Basel)*. 2021; 9(9):99.
- 38- Scherer U, Stotzer M, Ruecker M, Gellrich N, Von C. Template-guided vs. non-guided drilling in site preparation of dental implants. *Clin. Oral Investig*. 2015; 19:1339–1346.
- 39- Davidowitz G, Kotick P. The Use of CAD/CAM in Dentistry. *Dent. Clin. N. Am.* 2011; 55:559–570.

- 40- Jorba A, Figueiredo R, González A, Camps O, Valmaseda E. Accuracy and the role of experience in dynamic computer guided dental implant surgery: An in-vitro study. *Med Oral Patol Oral Cir Bucal*. 2019; 24(1):76-83.
- 41- Block M, Emery R. Static or dynamic navigation for implant placement choosing the method of guidance. *JOMS*. 2016; 74:269-77.
- 42- Vercruyssen M, Fortin T, Widmann G, Jacobs R, Quirynen M. *J Periodontol* 2000. 2014; 66:214-27.
- 43- Block M, Emery R, Lank K, Ryan J. Implant placement accuracy using dynamic navigation. *Int J Oral Maxillofac Implants*. 2017; 32:92-9.
- 44- Emery R, Merritt S, Lank K, Gibbs J. Accuracy of dynamic navigation for dental implant placement-model-based evaluation. *J Oral Implantol*. 2016; 42:399-405.
- 45- Takács A, Marada G, Turzó K, Nagy Á, Németh O, Mijiritsky E, et al. Does implant drill design influence the accuracy of dental implant placement using static computer-assisted implant surgery? An in vitro study. *BMC Oral Health*. 2023; 23(1):575.
- 46- Lee J, Park J, Kim S, Kim M, Lee J, Kim M. An assessment of template-guided implant surgery in terms of accuracy and related factors. *J Adv Prosthodont*. 2013; 5(4):440-7.
- 47- Wang X, Shaheen E, Shujaat S, Meeus J, Legrand P, Lahoud P, et al. Influence of experience on dental implant placement: an in vitro comparison of freehand, static guided and dynamic navigation approaches. *Int J Implant Dent*. 2022; 8(1):42.
- 48- Bencharit S, Stafen A, Yeung M, Whitley D, Laskin D, Deeb G. In vivo tooth-supported implant surgical guides fabricated with desktop stereolithographic printers: fully guided surgery is more accurate than partially guided surgery. *JOMS*. 2018; 76(7):1431–9.
- 49- Ferreira B, Lopez P, Falcao C, Ríos B, Gil J, Ríos J, et al. “Effects of Different Undersizing Site Preparations on Implant Stability.” *Int J Environ Res Public Health*. 2020; 17(23):8965.

- 50- Mihali S, Canjau S, Cernescu A, Bortun C, Wang H, Bratu E. “Effects of a Short Drilling Implant Protocol on Osteotomy Site Temperature and Drill Torque.” *Implant Dent.* 2018; 27(1):63-68.
- 51- Schelbert T, Gander T, Blumer M, Jung R, Rücker M, Rostetter C. Accuracy of Computer-Guided Template-Based Implant Surgery: A Computed Tomography–Based Clinical Follow-Up Study. *Implant Dent.* 2019; 28(6):556-563.
- 52- Valente F, Schirolli G, Sbrenna A. Accuracy of computer-aided oral implant surgery: A clinical and radiographic study. *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2009; 24:234–242.
- 53- D'haese J, De Velde T, Komiyama A, Hultin M, De Bruyn H. “Accuracy and Complications Using Computer-Designed Stereolithographic Surgical Guides for Oral Rehabilitation by Means of Dental Implants: A Review of the Literature.” *Clin Implant Dent Relat Res.* 2012; 14(3):321-35.
- 54- Van N, Vercruyssen M, Coucke W, Teughels W, Jacobs R, Quirynen M. Accuracy of computer-aided implant placement. *Clin Oral Implants Res.* 2012; 23(suppl 6):112–123.
- 55-. Ozan O, Turkyilmaz I, Ersoy AE, McGlumphy EA, Rosenstiel SF. Clinical accuracy of 3 different types of computed tomography-derived stereolithographic surgical guides in implant placement. *JOMS.* 2009; 67:394- 401.
- 56- Cassetta M, Di Mambro A, Giansanti M, Stefanelli L, Cavallini C. “The Intrinsic Error of a Stereolithographic Surgical Template in Implant Guided Surgery.” *Int J Oral Maxillofac Surg.* 2013, 42(2):264–275.
- 57- Arisan V, Karabuda C, Ozdemir T. “Accuracy of Two Stereolithographic Guide Systems for Computer-Aided Implant Placement: A Computed Tomography-Based Clinical Comparative Study.” *J Periodontol.* 2010; 81(1):43–51.
- 58- Schnutenhaus S, Edelmann C, Rudolph H. Does the macro design of an implant affect the accuracy of template-guided implantation? A prospective clinical study. *Int J Implant Dent.* 2021; 7(1):42.

- 59- Yeung M, Abdulmajeed A, Carrico C, Deeb G, Bencharit S. "Accuracy and Precision of 3D-Printed Implant Surgical Guides with Different Implant Systems: An in Vitro Study." *J Prosthet Dent.* 2020; 123(6):821-8.
- 60- Verhamme L, Meijer G, Bergé S, Soehardi R, Xi T, de Haan A, et al. "An Accuracy Study of Computer-Planned Implant Placement in the Augmented Maxilla Using Mucosa-Supported Surgical Templates." *Clin Implant Dent Relat Res.* 2015; 17(6):1154-63.
- 61- Behneke A, Burwinkel M, Behneke N. "Factors Influencing Transfer Accuracy of Cone Beam CT-Derived Template-Based Implant Placement." *Clin Oral Implants Res.* 2012; 23(4):416-23
- 62- Tahmaseb A, Wu V, Wismeijer D, Coucke W, Evans C. "The Accuracy of Static Computer-Aided Implant Surgery: A Systematic Review and Meta-Analysis." *Clin Oral Implants Res.* 2018; 29(Suppl 6):416-435.
- 63- Tallarico M, Martinolli M, Kim Y, Cocchi F, Meloni S, Alushi A, et al. Accuracy of computer-assisted template-based implant placement using two different surgical templates designed with or without metallic sleeves: a randomized controlled trial. *Dent J (Basel).* 2019; 7(2):41
- 64- Steigenga J, al-Shammari K, Nociti F, Misch C, Wang H. Dental implant design and its relationship to long-term implant success. *Implant Dent.* 2003; 12(4):306-17.
- 65- Wang X, Shaheen E, Shujaat S, Meeus J, Legrand P, Lahoud P, et al. Influence of experience on dental implant placement: an in vitro comparison of freehand, static guided and dynamic navigation approaches. *Int J Implant Dent.* 2022; 8(1):42.
- 66- Chen C, Yuh D, Huang R, Fu E, Tsai C, Chiang C. "Accuracy of Implant Placement with a Navigation System, a Laboratory Guide, and Freehand Drilling." *Int J Oral Maxillofac Implants.* 2018; 33(6):1213-1218.
- 67- Ilhan C, Dikmen m, Yüzbaşıoğlu E. Accuracy and efficiency of digital implant planning and guided implant surgery: An update and review. *J Exp Clin Med.* 2021; 38(2):148-156.

68- Wakamatsu K, Doi K, Kobatake R, Makihara Y, Oki Y, Tsuga K. “Investigation to Predict Primary Implant Stability Using Frictional Resistance Torque of Tap Drilling.” *J Oral Maxillofac Res.* 2022; 13(4):1.

69- Wang X, Shujaat S, Meeus J, Shaheen E, Legrand P, Lahoud P. “Performance of Novice versus Experienced Surgeons for Dental Implant Placement with Freehand, Static Guided and Dynamic Navigation Approaches.” *Sci Rep.* 2023; 13(1):2598.

70- Prasad S, Bansal N. Predoctoral dental students’ perceptions of dental implant training: effect of preclinical simulation and clinical experience. *J Dent Educ.* 2017; 81(4):395–403.

71- Carrico C, Skrjanc L, Kanduti D, Deeb G, Deeb J. “Effect of Guided Implant Placement Learning Experiences on Freehand Skills: A Pilot Study.” *Clin Exp Dent Res.* 2024; 10(2):878.